



**VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX
CONSOMMÉS PAR LES RUMINANTS
EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE**

RAPPORT FINAL

ALLEMAGNE	Universität Hohenheim - Institut für Tierernährung
BELGIQUE	CRA Gembloux - Station de Haute Belgique
CAMEROUN	IRZV - Yaoundé, Ngaoundéré, Garoua
CÔTE D'IVOIRE	IDESSA-DRA - Bouaké
FRANCE	CIRAD-EMVT - Maisons-Alfort CIRAD-FORÊT - Nogent/Marne INRA-SRNH - Theix
MALI	IER - Sotuba, Niono
SÉNÉGAL	ISRA-DRPSA-LNERV - Dakar
TCHAD	LRVZ - Farcha, N'Djaména
	et
BURKINA FASO	IDR - Ouagadougou CIRAD-FORÊT/IRBET - Ouagadougou
NOUVELLE-CALÉDONIE	CIRAD-EMVT - Nouméa

NOVEMBRE 1994

Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement
Département d'Élevage et de Médecine vétérinaire
CIRAD-EMVT
10, rue Pierre-Curie 94704 Maisons-Alfort Cedex France





THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637



SOMMAIRE DU RAPPORT FINAL

Résumé

Chapitre I : Présentation succincte du programme d'étude de la valeur fourragère des arbres et arbustes d'Afrique tropicale centrale et occidentale

Chapitre II : Caractérisation des disponibilités fourragères ligneuses

Chapitre III : Composition botanique des régimes des ruminants sur parcours - Appétibilité relative des espèces ligneuses

Chapitre IV : Récolte et commercialisation des fourrages ligneux en régions périurbaines

Chapitre V : Echantillonnage des fourrages ligneux - Analyses au laboratoire - Composition chimique et dégradabilité enzymatique

Chapitre VI : Les tanins dans les fourrages ligneux

Chapitre VII : *In vitro* Untersuchungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit, des Gehaltes an umsetzbarer Energie und des Proteinverfügbarkeit bei tropischen Futterbäumen und Büschen

In vitro studies for the prediction of digestibility, metabolisable energy content and protein fermentability of shrubs and tree fodders

(Mesures *in vitro* de la digestibilité pour estimer les teneurs en énergie métabolisable et en azote dégradable dans le rumen des fourrages ligneux)

Chapitre VIII : Prévion par la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique ou *in vitro* des fourrages ligneux

Chapitre IX : Dégradabilité *in situ* de la matière sèche et des matières azotées de quelques fourrages ligneux : application des méthodes *in sacco* à l'étude de la digestion dans le rumen et dans les intestins

Chapitre X : Ingestion et digestibilité *in vivo* des fourrages ligneux

Chapitre XI : Essais d'alimentation de moutons avec des fourrages ligneux

Conclusion générale

Annexe I : Liste des espèces ligneuses enregistrées au catalogue CIRAD-EMVT/Laboratoire d'Ecologie végétale de l'Université Paris-Sud et des espèces ligneuses et subligneuses échantillonnées et étudiées sur l'animal

Human Resources (Training) - Equipment

→ **Liste des Abréviations**

[illegible]

RAPPORT FINAL / FINAL REPORT

Numéro de contrat / contract number : ST2.A89/215.F

TITRE TITLE	VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX CONSOMMES PAR LES RUMINANTS EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE FODDER VALUE FOR RUMINANTS OF WEST AND CENTRAL AFRICAN TREES AND SHRUBS
Chef de projet	Hubert GUERIN
Institution-hôte	CIRAD-EMVT : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement-Département d'élevage et de médecine vétérinaire tropicale
Adresse adresse	10, rue Pierre Curie 94 704 Maisons Alfort - cedex-France
téléphone	(1) 43 68 88 73
Télex - fax	26 20 17 F – (1) 43 75 23 00

PAYS	INSTITUTIONS PARTENAIRES (AUTEURS : VOIR PAGE SUIVANTE)
Allemagne	UNIVERSITÄT HOHENHEIM – Institut für Tierernährung
Belgique	CRA - Centre de recherche agronomique – Station de Haute Belgique - Libramont
Cameroun	IRZV - Institut de recherche zootechnique et vétérinaire –Yaoundé- Stations de Nkolbisson, Wakwa, Garoua
Côte d'Ivoire	IDESSA -DRA- Institut des Savanes-Direction des ressources animales- Bouaké-Station de Minankro
France	INRA-SRNH-Institut National de la Recherche agronomique-Station de Recherche sur la Nutrition des Herbivores -Theix - CIRAD-FORET - Département forestier-Nogent sur Marne
Mali	IER -Institut d'économie rurale – Bamako, Stations de Sotuba et Niono
Sénégal	ISRA - Institut sénégalais de recherche agricole - Laboratoire national d'élevage et de recherche vétérinaire – Dakar-Hann
Tchad	LRVZ - Laboratoire de Recherche Vétérinaire et Zootechnique – N'djaména - Farcha
	En cours de projet, ont été associés
Burkina Faso	IDR –Institut de Développement Rural –Ouagadougou IRBET/ CIRAD-FORET -Ouagadougou
Nouvelle -Calédonie	CIRAD-EMVT –Nouméa, Païta

Mots-clés	Elevage -Ruminants-systèmes pastoraux- systèmes agro-pastoraux- agroforesterie- arbres et arbustes fourragers –phénologie – productivité – comportement alimentaire - composition chimique -valeur alimentaire
Key-words	Animal breeding - Ruminants – rangelands – agro pastoral systems-fodder trees and shrubs –phenology-productivity—feeding behavior-chemical composition- fodder value

Résumé : Quelques espèces d'arbustes fourragers, compléments alimentaires azotés pour le bétail, sont bien adaptées aux aménagements de zone tropicale humide. Cependant, pour ces régions et surtout pour les zones arides, une meilleure gestion des espèces spontanées et introduites est nécessaire. L'utilisation fourragère de ces espèces sur les parcours d'Afrique Centrale et Occidentale a été étudiée et de nombreux prélèvements (plus de 1000) ont été effectués pour mesurer leur valeur nutritive. Un simple dosage de l'azote ne suffit pas : la disponibilité des nutriments - fortement influencée par les teneurs en lignine, indigestibles, et en tanins-a été évaluée par des mesures sur l'animal et de multiples analyses au laboratoire. Les résultats permettent de classer les espèces suivant leur appétibilité et leur apport alimentaire : leur variabilité liée à l'origine génétique, au stade de développement ou encore aux conditions de milieux, reste à approfondir pour les espèces les plus utiles.

**Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants
en Afrique centrale et occidentale**
Commission des Communautés Européennes - DGXII -
Programme ST2.A/89/215.F

Coordination et édition : Hubert GUERIN assisté de Patrice LEFEVRE et Albert DUCHE (CIRAD-EMVT - Maisons Alfort)

Allemagne :

Herbert STEINGASS - *Institut für Tierernährung - Universität Hohenheim.*

Burkina Faso :

Chantal ZOUNGRANA - Institut de Développement rural (IDR) (Ouagadougou) (non contractant)

Denis DEPOMMIER - CIRAD-Forêt / IRBET (Ouagadougou) (non contractant)

Belgique :

René BISTON, Georges SINNAEVE, Pierre DARDENNE, Patrick LECOMTE - Centre de Recherche agronomique de Gembloux - *Station de Haute Belgique (Libramont).*

Cameroun :

Joseph ONANA, Henri Dominique KLEIN, Didier BOUCHEL, Clarisse NGO TAMA, Aboubakar NJOYA - Station de Recherche zootechnique et vétérinaire de Garoua; Samuel YONKEU, Jean François Bruno OTTOU - Centre de Recherche zootechnique de Wakwa (N'Gaoundéré) ; Jean KOUNMENIOC - Station de Recherche zootechnique de Nkolbisson (Yaoundé) - *Institut de Recherche zootechnique et vétérinaire (IRZV)*

Côte d'Ivoire :

Jean KOUAO BROU, Clément BOBJI N'GUESSAN, Tiémoko YO - Département des Ressources animales - *Institut des Savanes (IDESSA) (Bouaké-Minankro)*

France :

Brigitte MICHALET DOREAU, Camille DEMARQUILLY, Claude PONCET - Station de Recherche sur la Nutrition des Herbivores (SRNH) - *Institut National de la Recherche agronomique (INRA) (Theix)*

Michel MEURET, Unité d'Ecodéveloppement - Institut National de la Recherche agronomique (INRA) (Avignon- Montfavet)

Francis VILLENEUVE - CIRAD-FORÊT (Nogent sur Marne)

Brigitte ARBELOT, Albert DUCHE, Colette GRILLET, Hubert GUERIN, Patrice LEFEVRE - Danielle BERDON, Geneviève BERNARD, Mohamed ELDJENDOUBI - CIRAD - EMVT (Maisons-Alfort)

France (Nouvelle Calédonie) :

Christian CORNIAUX, Nathalie DURAND, Sébastien LEBEL - CIRAD-EMVT Nouvelle-Calédonie (Nouméa, Païta) (non contractant)

Mali :

Anna Réjane KONE DEMBELE - Station de Recherche zootechnique de Sotuba (Bamako) ; Ibrahima KASSAMBARA, Bréhima TOUNKARA, Mohamed Idriss CISSE - Station de Recherche zootechnique de Niono - *Institut d'Economie rurale (IER)*

Sénégal :

Safiétou TOURE FALL, Didier RICHARD, Dominique FRIOT, Cheikh SALL, Mustapha THIAM - Laboratoire national de Recherche vétérinaire (LNERV) (Dakar-Hann) - *Institut sénégalais de Recherche agricole (ISRA)*

Tchad :

Alexandre ICKOWICZ, Oueddo DASSERING, David MINAÏNGAR, Mahamat Hileri BECHIR, - Laboratoire de Recherche vétérinaire et zootechnique de Farcha (LRVZ) (N'Djaména)

Italiques : institutions contractantes.

noms soulignés : responsables du projet

THESE DOCUMENTS CONTAIN INFORMATION OF A CONFIDENTIAL NATURE
AND ARE TO BE KEPT SECRET. IT IS THE POLICY OF THE
UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT SUCH INFORMATION
FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

IT IS THE POLICY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT TO PROTECT
SUCH INFORMATION FROM UNLAWFUL DISCLOSURE.

AUTEURS : H. GUERIN, éditeur, *et al.*
(voir page suivante)

ACCES AU DOCUMENT :

- au service Documentation du CIRAD-EMVT

ORGANISME AUTEUR :
CIRAD-EMVT et ses partenaires
(cf. couverture)

ETUDE FINANCEE PAR :
BRUXELLES, CCE DG XII

REFERENCE :
ST2.A/89/215.F

TITRE :
VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX
CONSOMMES PAR LES RUMINANTS
EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE

TYPE D'APPROCHE : RAPPORT FINAL

DATE ET LIEU DE PUBLICATION : Novembre 1994, Maisons-Alfort

PAYS OU REGIONS CONCERNES :
Cameroun, Côte d'Ivoire, Mali, Sénégal, Tchad
Allemagne, Belgique, France
Burkina Faso, Nouvelle-Calédonie

MOTS-CLES : Ruminant - Parcours - Arbre et arbuste fourrager -
Phénologie - Productivité - Appétibilité - Composition
chimique - Digestibilité - Valeur alimentaire animale -
Vétérinaire

RESUME : Quelques espèces d'arbustes fourragers, compléments alimentaires azotés pour le bétail, sont bien adaptées aux aménagements de zones tropicales humides. Cependant, pour ces régions et surtout pour les zones arides, une meilleure gestion des espèces spontanées et introduites est nécessaire. L'utilisation fourragère de ces espèces sur les parcours d'Afrique centrale et occidentale a été étudiée et de nombreux prélèvements ont été effectués pour mesurer leur valeur nutritive. Un simple dosage de l'azote ne suffit pas : la disponibilité des nutriments - fortement influencée par les teneurs en lignine, indigestible, et en tanins - a été évaluée par des mesures sur l'animal et de multiples analyses au laboratoire. Les résultats permettent de classer les espèces suivant leur appétibilité et leur apport alimentaire ; leur variabilité liée à l'origine génétique, au stade de développement ou encore aux conditions de milieu, peut être approfondie pour les espèces les plus utiles.

1. The first part of the report is a general introduction to the project.

2. The second part is a description of the methodology.

3. The third part is a description of the results of the study.

4. The fourth part is a discussion of the results and their implications.

5. The fifth part is a conclusion and a list of references.

6. The sixth part is a list of references.

7. The seventh part is a list of references.

8. The eighth part is a list of references.

9. The ninth part is a list of references.

10. The tenth part is a list of references.

11. The eleventh part is a list of references.

12. The twelfth part is a list of references.

13. The thirteenth part is a list of references.

14. The fourteenth part is a list of references.

15. The fifteenth part is a list of references.

RESUME

CADRE DU PROJET

Le colloque sur les fourrages ligneux en Afrique (Le Houéroux, éd. 1980) permet de faire le point sur les connaissances relatives à de nombreuses espèces fourragères et sur les méthodes d'évaluation qui leur étaient appliquées. Les auteurs des actes recommandèrent alors d'intensifier les recherches dans quatre directions :

- productivité ;
- appétibilité et ingestibilité ;
- valeur nutritive ;
- facultés de multiplication et de régénération.

Les partenaires du projet ST2.A/89/215.F ont proposé à la DGXII de se consacrer aux trois premiers thèmes. Leurs situations géographiques (agroclimatiques) et leurs compétences complémentaires ont justifié leur association.

Les travaux de terrain relatifs à la répartition des espèces végétales, à leur production et à leur utilisation par le cheptel ont été conduits dans une quinzaine de stations réparties en Afrique entre 4° et 16° de latitude nord ainsi qu'en Nouvelle Calédonie (21° S-165° E). Pour une région donnée, la démarche la plus complète a consisté en un inventaire quantitatif et qualitatif de la ressource fourragère ligneuse disponible et utilisée par le cheptel au niveau d'un terroir pastoral ou agropastoral.

TRAVAUX REALISES

L'enchaînement des observations, mesures et analyses a souvent débuté par l'identification des espèces ligneuses rencontrées sur les parcours de troupeaux villageois ou expérimentaux. Les densités de peuplement ont été étudiées sur des parcelles clôturées ou représentatives des parcours. Les principales espèces fourragères ont fait l'objet de suivis phénologiques et de mesures de productivité (totale, saisonnière et accessible au bétail) (chapitre II).

L'appétibilité relative des espèces a été approchée par la détermination de la composition botanique des régimes des ruminants domestiques sur les parcours précédemment décrits. Les régimes ont été comparés aux disponibilités fourragères, entre espèces animales et entre saisons (chapitre III).

Les espèces participant au commerce des fourrages en zone urbaine ont également été répertoriées (chapitre IV).

La plupart des échantillons, près de 3 000 au total, ont été collectés sur les sites et aux périodes où les espèces ligneuses étaient consommées. Pour certaines espèces, des échantillonnages mensuels ou saisonniers et multilocaux ont eu pour objectif d'étudier la variabilité de leur composition. Quelques espèces utilisées pour les aménagements agroforestiers ont fait l'objet de protocoles particuliers de prélèvements (chapitre V).

Les principales analyses chimiques ont concerné les constituants azotés et fibreux fractionnés suivant leur plus ou moins grande solubilité chimique, qui traduit leur aptitude à être digérés (chapitre V). Les déterminations de tanins ont été, soit globales (effet précipitant des protéines par exemple), soit basées sur un critère général de différenciation chimique : tanins hydrolysables ou condensés (chapitre VI).

Les mesures de dégradabilité enzymatique de la matière organique et des matières azotées ont constitué une première étape vers l'évaluation de la digestibilité. Elles ont concerné toutes les espèces échantillonnées (chapitre V).

L'estimation de la digestibilité a aussi été réalisée par une méthode se rapprochant plus des conditions physiologiques : la mesure de la dégradabilité *in vitro* par le "gastest de Hohenheim" qui utilise du jus de rumen (chapitre VII).

Qu'il s'agisse des analyses de laboratoire chimiques, enzymatiques ou *in vitro*, leur finalité est de permettre l'estimation la plus précise possible de la digestibilité chez l'animal (*in vivo*), tant de la matière organique que des matières azotées.

En effet, la digestibilité *in vivo* de la matière organique est le principal paramètre de variation de la valeur énergétique (énergie digestible, métabolisable, nette) ; de même, la teneur de l'aliment en matières azotées apparemment digestibles (MADapp) ou non digestibles (MANDapp) se mesure aussi *in vivo*. Ces bilans de digestibilité, simples dans leur principe, sont d'une application délicate dans le cas des fourrages ligneux pour deux raisons essentielles :

- les ligneux ne peuvent à eux seuls que rarement constituer des rations : ils doivent donc être associés à d'autres aliments, ce qui complique les mesures et diminue leur précision ;
- des interactions entre les aliments font varier la digestibilité des ligneux suivant leur taux d'incorporation dans les rations.

Ces particularités méthodologiques ont été approfondies pour quelques espèces et ont donné lieu à des recommandations pour de nouvelles mesures (chapitre X).

La dégradabilité des matières azotées dans le rumen et leur digestibilité dans l'intestin, nécessaires à l'évaluation des teneurs en protéines digestibles parvenant dans l'intestin (PDI : expression de la valeur azotée des aliments pour les ruminants), ont été mesurées *in sacco* sur un nombre restreint d'échantillons sélectionnés pour leur diversité chimique. Les résultats ont fait ressortir des différences importantes entre les fourrages herbacés et les fourrages ligneux et entre espèces

végétales, tant en ce qui concerne la digestibilité de l'azote que son site privilégié de digestion (rumen ou intestin) (chapitre IX).

Les différences entre espèces mises en évidence par les méthodes *in vivo* et *in sacco* s'expliquent pour une grande part (quoique avec moins de précision que pour les fourrages herbacés) par les résultats des analyses chimiques, enzymatiques ou *in vitro*. Ces analyses permettent donc, en l'absence de résultats sur animaux pour l'ensemble des espèces, de les hiérarchiser suivant leur valeur énergétique et azotée estimée au laboratoire.

Avec le même objectif, de simplification et d'économie, la plupart des échantillons ont été analysés par **spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR)** pour examiner l'aptitude de cette méthode moderne à évaluer la composition et la valeur nutritive des fourrages ligneux tropicaux (chapitre VIII).

Enfin, quelques espèces furent distribuées à des moutons comme aliment unique ou en complément de fourrages pauvres pour étudier leur ingestibilité et leur efficacité zootechnique pour la croissance (chapitre XI).

Au cours de ce projet, la production fourragère ligneuse des régions intertropicales d'Afrique centrale et de l'Ouest a donc été étudiée sous plusieurs angles : depuis sa caractérisation quantitative jusqu'à sa transformation en produits animaux.

RESULTATS

Les résultats ont été le plus souvent obtenus par des méthodes, extraites de la bibliographie, et adaptées aux particularités des fourrages ligneux, parfois mises au point dans le cadre du projet : par exemple, approche de l'"accessibilité" (chapitre III ; ICKOWICZ 1995), prévision au laboratoire des paramètres de la valeur nutritive (chapitres V à IX). Elles ont été appliquées à des "échantillons" (végétaux ou animaux) qui correspondaient à des objets d'observation mesurables : depuis le parcours journalier, voire saisonnier, d'un ou plusieurs troupeaux, jusqu'à l'échantillon monospécifique d'un organe végétal à un stade de développement donné. A chaque méthode et à chaque type d'échantillon sont attachés des niveaux de précision plus subis que choisis *a priori*.

Hormis les aspects méthodologiques, largement exposés dans le rapport, les résultats concernent soit :

- des espèces végétales décrites sur les plans de leur répartition, de leur phénologie, de leur production, de leur valeur nutritionnelle, de leur utilisation zootechnique avec, pour certaines d'entre elles, une analyse de la variabilité de ces paramètres ;
- des approches microrégionales visant, pour un milieu donné, à évaluer quantitativement et qualitativement la ressource fourragère des plantes ligneuses ainsi que son utilisation par les herbivores domestiques.

Ces travaux ont été le support, partiel ou total, de 7 formations de 3e cycle dont deux thèses ; leur liste est indiquée au chapitre I.

POSSIBILITES DE VALORISATION DES RESULTATS

La présentation standardisée (cf. ce rapport, par exemple) des données recueillies dans les différentes régions permet maintenant des synthèses transversales relatives aux productions et à leurs utilisations. Elles peuvent être consacrées à des monographies sur telle ou telle espèce ou bien à des thèmes particuliers tels que l'appétibilité relative des espèces.

Ces travaux de valorisation des résultats peuvent être entrepris à l'initiative de chacun des partenaires. Il leur suffit de se mettre en rapport avec les autres membres du projet concernés par le sujet traité et avec le coordonnateur pour accéder aux données détaillées, le plus souvent informatisées.

Le grand nombre de données recueillies pourrait par exemple justifier l'élaboration d'un recueil réunissant pour chaque espèce étudiée :

- son importance dans le cortège floristique des sites du projet (228 espèces concernées) ;
 - sa phénologie et/ou ses cycles de production foliaire (53 espèces concernées) pour les sites où ces paramètres ont été étudiés ;
 - des ordres de grandeur de sa production utile ("accessible" au bétail) et de sa disponibilité saisonnière en fonction de la densité et de la taille des peuplements ;
 - sa contribution aux régimes des herbivores et son appétibilité pour les différentes espèces animales ;
 - la composition chimique de ses organes végétatifs et de reproduction ainsi qu'une estimation de leur valeur nutritive minimale et de leur valeur nutritive potentielle (373 espèces étudiées au laboratoire, 47 étudiées sur l'animal : méthodes *in vivo* ou *in sacco*).
- L'hypothèse est faite que les valeurs minimales correspondent à une contribution majoritaire des ligneux dans les rations tandis que les valeurs potentielles correspondent à une ingestion modérée des ligneux en complément de fourrages pauvres ; dans le deuxième cas, les composés antinutritionnels, les tanins en particulier, sont dilués dans la ration et leur effet est faible ;
- quand ils existent, des résultats d'essais zootechniques obtenus dans le cadre du projet (10 espèces) ou extraits de la bibliographie.

Un tel recueil permettrait de rendre accessibles les connaissances quantitatives obtenues sur les principales espèces fourragères ligneuses des zones sahélienne, soudanienne et guinéenne d'Afrique centrale et de l'Ouest. Il serait utile pour des diagnostics régionaux des ressources fourragères ligneuses : importance relative des espèces, productions fourragères disponibles, intérêt zootechnique.

ORIENTATION FUTURE DES TRAVAUX SUR LES FOURRAGES LIGNEUX

. Recherches disciplinaires spécialisées par espèce

La proposition de valoriser les résultats sous forme de "tables" ne signifie pas que la connaissance des espèces fourragères ligneuses soit suffisante dans tous les domaines et pour toutes les espèces : l'agroforestier, le zootechnicien pastoraliste et nutritionniste doivent poursuivre individuellement des travaux spécialisés. Ils sont nécessaires, ne serait-ce que pour compléter l'information disponible sur les espèces reconnues comme les plus utiles.

Dans le cas du zootechnicien, il s'agit d'évaluer plus précisément l'apport nutritionnel des ligneux dans les rations. Nous avons vu les difficultés (chapitres IX à XI) rencontrées pour ce type d'étude : elles font appel à des méthodes sophistiquées qui, pour fournir des résultats fiables et utilisables, doivent correspondre à des objectifs précis (essentiellement méthodologiques : par exemple, validation de méthodes de laboratoires plus simples et plus standardisables) et doivent aussi être appliquées avec une grande exigence de rigueur et de représentativité (connaissance et représentativité du matériel végétal ; représentativité des conditions expérimentales, etc.). Ces précautions sont particulièrement importantes pour les méthodes qui concernent la digestion chez l'animal (méthodes *in vivo* et *in sacco*). Quand ces conditions ne peuvent être assurées, il vaut mieux se limiter à des objectifs moins ambitieux, comme par exemple la hiérarchie des espèces suivant leur intérêt nutritionnel dans une région donnée : on fait alors appel à des critères de laboratoire de type chimique, enzymatique ou de digestibilité *in vitro*.

. Méthodes de suivi et de diagnostic des peuplements ligneux fourragers

Les méthodes mises au point et les données obtenues pendant le projet peuvent aussi servir de référence pour des suivis de la production fourragère ou de son utilisation dans d'autres milieux. Il faudra alors adapter les observations, échantillonnages, mesures, analyses, etc. aux questions relatives à la gestion et/ou aux aménagements des peuplements forestiers et agroforestiers. Les échelles d'intervention devront également être adaptées.

En effet, parmi les nombreuses méthodes utilisées dans le projet ST2/215, certaines sont appliquées à ces différentes échelles mais leur précision ne correspond pas toujours à des objectifs d'aide à la décision pour la gestion ou les aménagements.

Ces besoins correspondent aussi bien à l'exploitation agricole de zone humide qu'aux terroirs agropastoraux ou pastoraux de zone aride.

. Pluridisciplinarité au service du développement agroforestier et de l'environnement

Au stade actuel des travaux et des connaissances, il apparaît que le choix des méthodes de recherche ou de diagnostic relatives aux terroirs, doit donc :

- d'une part, être orienté par des questions de développement ou de protection de l'environnement,
- d'autre part, résulter d'un dialogue interdisciplinaire entre agronome des sols, forestier, zootechnicien, socioéconomiste, etc.,

pour, par exemple, optimiser les choix des espèces ou variétés à usages multiples les plus adaptées à un milieu et à un système de production ou, encore, pour définir des règles de protection, de multiplication et de gestion d'espèces menacées par le surbroutage ou par un émondage excessif.

En conclusion, les agroforestiers et les zootechniciens doivent surtout consacrer l'essentiel de leurs efforts à une valorisation des connaissances disponibles dans des approches intégrées. Le but sera alors de formuler des recommandations que puissent appliquer et s'approprier les acteurs de la gestion des ressources fourragères ligneuses et ceux de la protection de l'environnement.

ABREVIATIONS

ACP	: Analyse en composantes principales
ADF	: Acid Detergent Fiber
ADL	: Acid Detergent Lignin
CBS	: Cellulose brute de Sharrer
CBW	: Cellulose brute de Weende
Cel	: Cellulose (ADF-ADL)
dMA	: dégaradabilité des matières azotées (p.100 MAT)
DMA ou DMA _{vivo}	: Digestibilité (apparente <i>in vivo</i>) des matières azotées (P.100 MAT)
dMA _{GT}	: dégradabilité <i>in vitro</i> des matières azotées mesurées par le gastest de Hohenheim (p.100 MAT)
dMA _{pep}	: dégradabilité enzymatique des matières azotées par la pepsine (p.100 MAT)
dMA _{pro1} ou dMA _{pro2}	: dégradabilité enzymatique des matières azotées par la pronase après 1 heure (pro1) ou 24 heures d'incubation (pro2) (P.100 MAT) - dMA _{pro1} = DE1
dMO _{GT}	: dégradabilité <i>in vitro</i> de la matière organique mesurée par le gastest de Hohenheim (p.100 MO)
dMO _{vitro}	: dégradabilité <i>in vitro</i> de la matière organique mesurée par la méthode en deux temps de Tilley et Terry. (p.100 MO)
DMO ou DMO _{vivo}	: Digestibilité (apparente <i>in vivo</i>) de la matière organique (P.100 MO)
DMS	: Digestibilité (apparente <i>in vivo</i>) de la matière sèche (p.100 MS)
DTMA	: dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (p.100 MAT)
DTMS	: dégradabilité théorique de la matière sèche dans le rumen (p.100 MS)
EB	: Energie brute (Kcal)
EM _{GT}	: Energie métabolisable estimée par le gastest de Hohenheim (Kcal)
ENA	: Extractif non azoté

ET_{LAB} : Ecart type des données de laboratoire utilisées pour la mise au point des modèles de prédiction par le NIR

ETR : Ecart type résiduel

GP : Production de gas mesurée lors du gas test de Hohenheim (ml/200mgMS)

Hémic : Hémicellulose (NDF-ADF)

MA : (N kjeldhal X 6,25) matières azotées

MAD : Matières azotées digestibles

MAT : Matières azotées totales

MA_{adf}_{ms ou mo ou ma} : Matières azotées liées à l'ADF (p.100 MS ou MO ou MA)

MA_{GT} : Matières azotées dégradées par le gastest de Hohenheim (p.100 MS ou MO)

MA_{non}_{adf} : Matières azotées non liées à l'ADF (p.100 MS ou MO)

MA_{pep} : matières azotées dégradées par la pepsine (p.100 MS ou MO)

MA_{PRO1} : Matières azotées dégradées par la pronase après 1 heure d'incubation (p.100 MS)

MA_{PRO2} : Matières azotées dégradées par la pronase après 24 heures d'incubation (p.100 MS)

MAS : matières azotées solubles (p.100 MS)

MG ou MGE: matière grasse (extrait éthéré)

MM : matières minérales totales ou cendres

MO : matière organique (MS-MM)

MS : matière sèche

N ou n : nombre de données

N : azote kjeldahl

Nadf : azote lié à l'ADF

NDF : Neutral Detergent Fiber (parois totales)

NIR : Near Infrared Reflectance

NS : statistiquement non significatif

NS : azote soluble (p.100 MS)

PDI : Protéines vraies digestibles dans l'intestin (INRA 1978)
 - PDIA : PDI qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (+réseau)
 - PDIM : PDI qui proviennent des protéines vraies formées par la population microbiennes du rumen (+réseau)
 - PDIME : PDIM qui correspondent à la teneur de l'aliment en énergie fermentée dans le rumen.
 - PDIMN : PDIM qui correspondent à la teneur de l'aliment en en azoté dégradé dans le rumen.
 - PDIE : somme PDIA + PDIME
 - PDIN : somme PDIA + PDIMN

R : Coefficient de corrélation
 R^2 : Coefficient de détermination
 R^2_c : coefficient de détermination de calibrage (NIR)
 R^2_v : Coefficient de détermination de validation (NIR)
 S : Solubilité des matières azotées (p.100 N ou MAT - Demarquilly et Vérité 1978)
 SD : standard deviation ; écart type de la population
 SEC : erreur standard de calibrage
 SECV : erreur standard de validation croisée
 SEV : erreur standard de validation
 SD/SEC : rapport de l'écart type résiduel à l'écart type de la population
 SMO : solubilité ou dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase (p.100 MO)
 SMS : solubilité ou dégradabilité enzymatique de la matière sèche par la pepsine cellulase
 SPIR : spectrométrie dans le proche infrarouge
 TANPT : Tanins précipitant la séroalbumine bovine

1. The first part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

2. The second part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

3. The third part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

4. The fourth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

5. The fifth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

6. The sixth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

7. The seventh part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

8. The eighth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

9. The ninth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

10. The tenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

11. The eleventh part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

12. The twelfth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

13. The thirteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

14. The fourteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

15. The fifteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

16. The sixteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

17. The seventeenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

18. The eighteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

19. The nineteenth part of the document is a list of the names of the persons who have been appointed to the various offices of the city.

CHAPITRE II

CARACTERISATION DES DISPONIBILITES FOURRAGERES LIGNEUSES

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Cameroun	Joseph ONANA ¹ .
Côte d'Ivoire	Clément BODJI N'GUESSAN ² avec la collaboration d'Antoine Awani N'GUESSAN et de Koré RICHARD.
Mali	Bréhima TOUNKARA ³ et Ibrahima KASSAMBARA ³ avec les conseils de Mohamed Idriss Cissé (décédé en 1993) ³ . Anna Réjane KONE DEMBELE ⁴ et Lassine DIARRA ⁵
Sénégal	Dominique FRIOT ⁶ et Hubert Guerin ⁷ avec la collaboration de Bernard AHOKPE. Bréhima TOUNKARA ³ dans le cadre du projet TS2-0075 - IRL (EDB).
Tchad	Alexandre ICKOWICZ ² et Oueddo DASSERING ⁸

¹ SRZV de Garoua - IRZ - BP 1073 - Garoua, Cameroun.

² DRA-IDESSA - 01 BP 633 - Bouaké, Côte d'Ivoire.

³ SRZ de Niono - IER BP 12 - Niono, Mali.

⁴ SRZ de Sotuba - IER - BP 258 Bamako, Mali

⁵ CIPEA - BP 60 Bamako, Mali

⁶ LNERV-ISRA - BP 2057 - Dakar, Sénégal.

⁷ CIRAD-EMVT - 10 rue Pierre Curie - 94704 Maisons-Alfort Cedex

⁸ LRVZ Farcha - BP 433 - N'Djamena, Tchad.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
1. DEMOGRAPHIE	2
1.1. Densité des peuplements	2
1.2. Structure des peuplements	6
2. PRODUCTION FOURRAGERE	7
2.1. Production foliaire maximale	7
2.2. Disponibilité fourragère saisonnière	8
2.3. Biomasse fourragère accessible	24
CONCLUSION	27
BIBLIOGRAPHIE	47

INTRODUCTION

CHOIX DES SITES ET DES ECHELLES D'OBSERVATION

La caractérisation des disponibilités fourragères ligneuses a été plus ou moins complète suivant les sites d'étude. Le plus souvent, elle a concerné des parcours fréquentés par le cheptel dont on a observé le comportement alimentaire.

Les travaux et les résultats acquis par site couvrent donc une gamme de paramètres qualitatifs et quantitatifs qui va d'une simple description des faciès de végétation à l'évaluation par espèce végétale de la biomasse fourragère effectivement utilisable par le cheptel.

Le plus souvent, les observations ont pu s'appuyer sur des cartes de végétation à des échelles comprises entre 1/200 000 et 1/500 000 qui indiquaient les groupements forestiers ainsi que la nature des sols qui les portent. Dans certains cas, des cartes de végétation (Hiernaux, 1978) morphopédologiques (Angé, 1985) et des photographies aériennes (au 1/20 000) récentes permettaient de préciser les limites des faciès. La télédétection satellitaire n'a pas été utilisée¹.

Sur la base de ces supports, les travaux conduits par les diverses équipes ont varié par leurs objectifs et les méthodes employées.

Ainsi Onana (1994 - thèse en préparation) au Cameroun s'intéressant aux pratiques d'exploitation des ligneux fourragers et à la biologie (reproduction, croissance,...) des espèces soumises au broutage, à l'élagage, au feu,... a entrepris dans le cadre de sa thèse de faire une typologie des peuplements ligneux de la région de Garoua. S'appuyant par exemple sur la carte de Letouzey (1968), il a ainsi procédé à 200 relevés selon les méthodes de Guinochet (1973) utilisant l'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet. L'analyse phytosociologique qui en découlera sera complétée par une étude démographique en relation avec les paramètres de milieu et d'exploitation. La station de recherches zootechniques et vétérinaires (SRZV) de Garoua fut le siège de l'un de ces relevés dont les résultats sont rapportés en regard de ceux relatifs au comportement alimentaire du cheptel (chapitre III. tableau III.6).

Ailleurs, les peuplements ligneux ont été étudiés sur des terrains moins nombreux, représentatifs des zones agro-écologiques auxquelles ils appartiennent et délimités (8 à 5 000 hectares), soit par des clôtures, soit virtuellement par des limites de terroirs villageois et/ou de parcours.

¹ SRZV de Garoua - IRZ - BP 1073 - Garoua, Cameroun

L'objectif général était de quantifier la ressource fourragère ligneuse. La présentation des méthodes qui est faite ci-dessous est organisée pour tenter de montrer les divers niveaux de détails possibles dans les mesures et la signification des résultats qui en découlent ainsi que leur précision.

Dans tous les cas, le choix des parcelles de relevés a été guidé par le souci d'appréhender à la fois l'hétérogénéité des peuplements et leur utilisation par le cheptel. Il a été effectué d'après les cartes de végétation, quand elles existaient, et/ou suivant des transects épousant les trajets des troupeaux ainsi que les toposéquences. Quand la distribution spatiale des relevés ne pouvait s'appuyer sur une connaissance préalable de la végétation et quand la surface réduite des parcelles le permettait, la pression d'échantillonnage systématique, suivant la toposéquence par exemple, a été plus forte : jusqu'à 8 p.100 du terroir dans des parcs clôturés (Toukara, 1991).

I. DEMOGRAPHIE

I.1. Densité des peuplements

Les techniques de dénombrement pour le calcul des densités des populations sont de deux types, direct ou indirect :

- comptage direct sur des parcelles carrées, rectangulaires ou circulaires sur des surfaces comprises entre 1 250 et 10 000 m² suivant la densité (objectif minimal : 10 ligneux par relevé d'après Cissé, 1990 et Hiernaux *et al.*, 1992²). Les surfaces sont, soit délimitées au coeur des formations préalablement définies, soit réparties systématiquement le long d'une ligne représentative de la séquence morphopédologique (figure II.2), soit étirées sur des bandes de 10 à 20 mètres de large le long des transects évoqués ci-dessus, ces bandes étant segmentées en tenant compte des ruptures de situations topographiques (dépression...), de sol (cuirasse, sable,...) ou d'occupation du territoire (parcours naturel, champs de céréales, jachères,...) ;
- estimation des densités par mesure des distances entre individus. Ces méthodes ont en commun de s'appuyer sur une ligne droite matérialisée par une corde et segmentée en 10 à 20 tronçons distants de 7 à 40 mètres suivant la densité ligneuse ; pour un site de relevé, la corde peut être déplacée plusieurs fois pour atteindre un effectif minimal de 80 ligneux (par exemple suivant deux axes perpendiculaires).

² Des exemples de détermination d'aire optimale phytosociologique, qui devraient précéder l'étude des densités de peuplements, sont données à la figure II.1 (Cissé, 1990).

Figure II.1 - Détermination de l'aire optimale phytosociologique d'un peuplement ligneux sahéliens (exemple = Cissé, 1990)

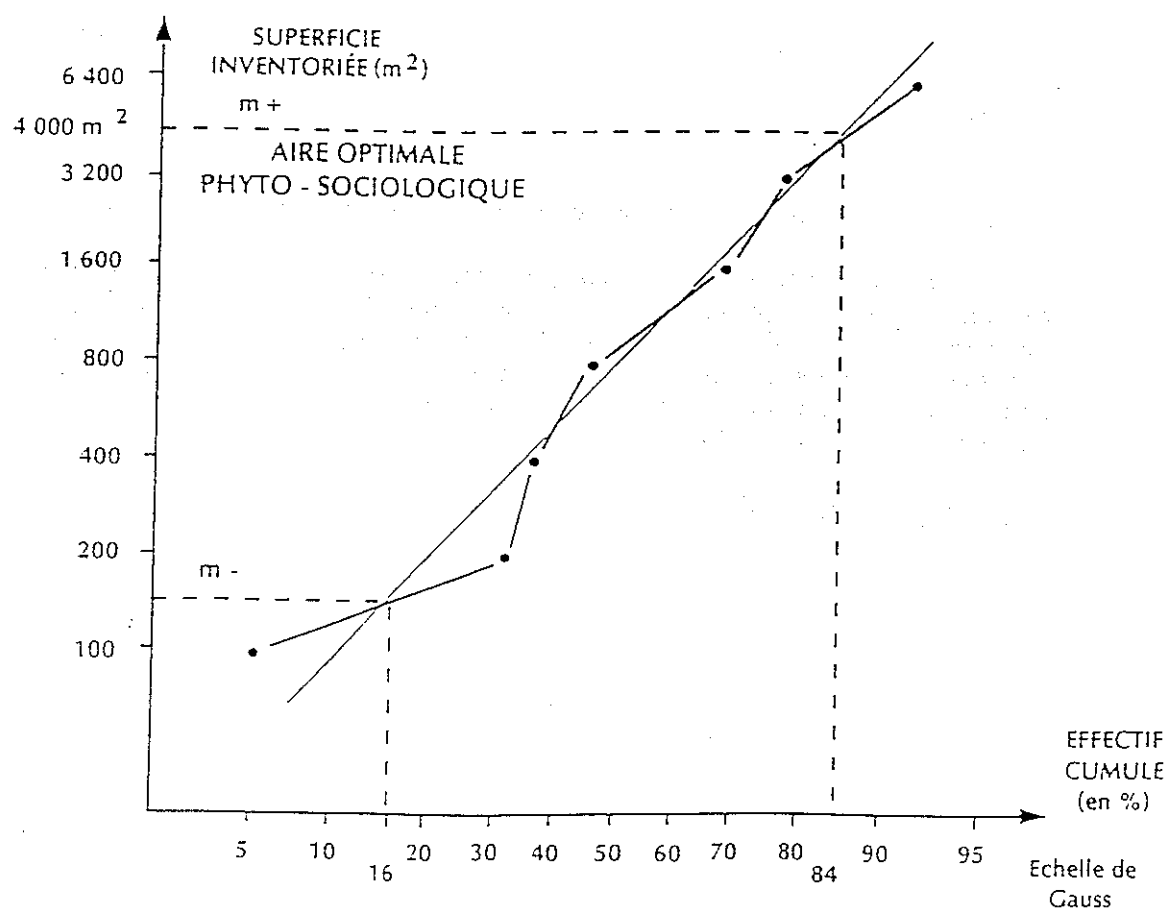
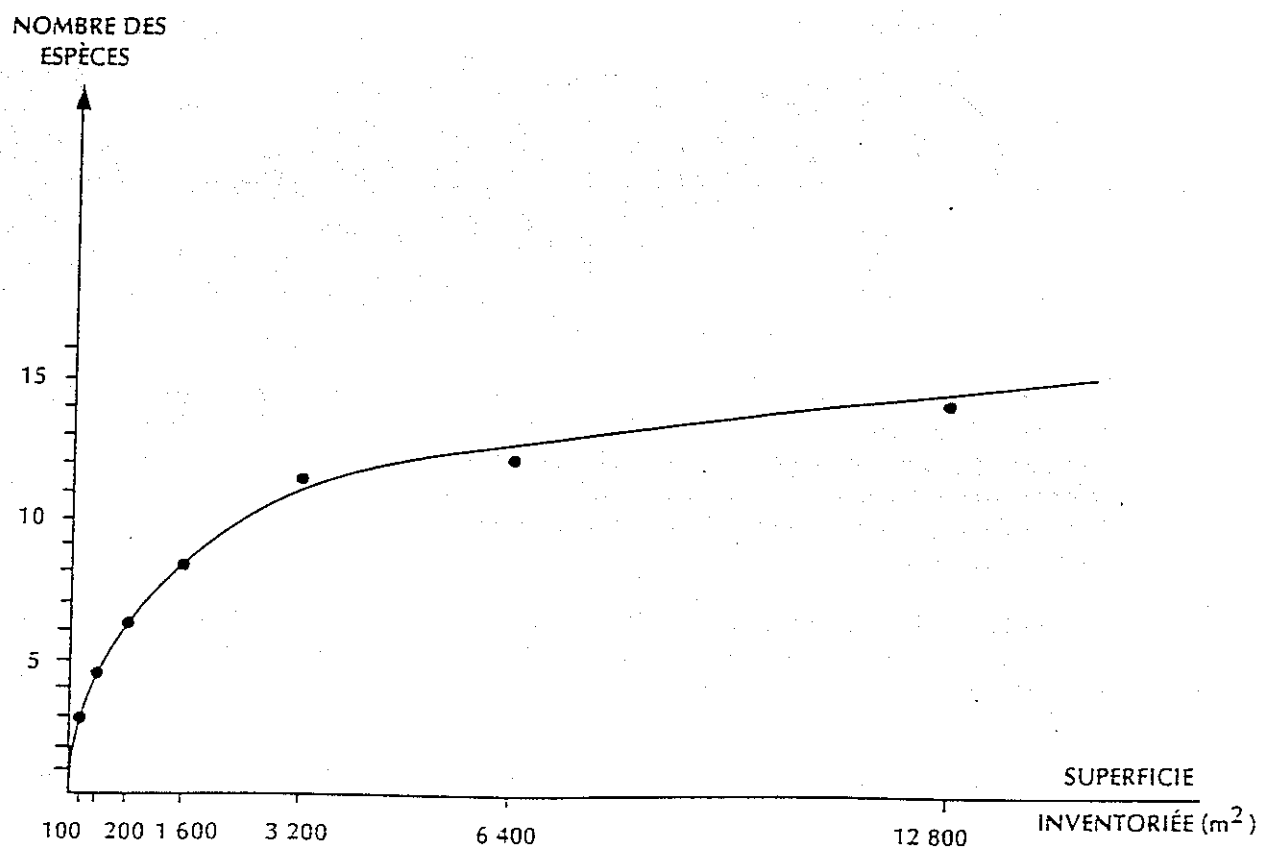
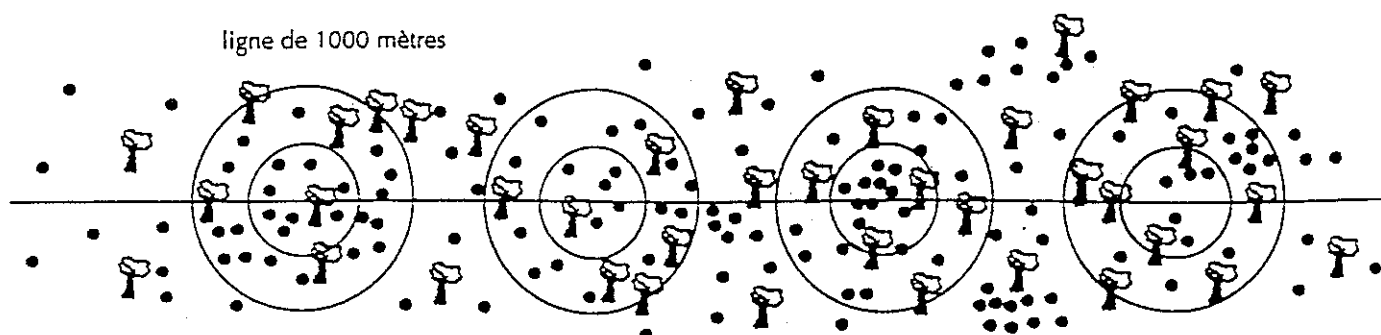


Figure II.2 - Relevé du peuplement des ligneux par surfaces circulaires
(Source : Cissé, 1990)



Les limites de tronçons correspondent à des repères à partir desquels peuvent être mesurées les distances des plus proches individus (PPI). Les limites de tronçons peuvent aussi servir à définir des quadrats : on mesure alors la distance du premier arbre de chaque quartier au point repère (méthode du quadrat centré sur point - QCP - Gaston et Boerwinktel 1982 et figure II.3).

Enfin, le quadrat peut être centré sur l'arbre le plus proche du transect ; les distances mesurées sont alors celles du premier arbre de chaque quartier à cet arbre repère (méthode des croisillons - Touré et Gillet, 1989 et figure II.4).

La densité peut être calculée par plusieurs formules rapportées, par exemple, par Walker (1970) dont les plus courantes sont :

$$\text{méthode PPI} = \text{densité (N/hectare)} = \frac{10\ 000}{4 d^2}$$

$$\text{méthode QCP} = \text{densité (N/hectare)} = \frac{10\ 000}{d^2}$$

avec d , distance moyenne (en m) entre arbre et repères.

La comparaison des résultats obtenus par le comptage direct et par les mesures de distance (Ickowicz, 1994 ; Bodji *et al.*, 1992) ont montré une sous-estimation³ des densités de peuplement de 10 à 20 p.100 par les méthodes indirectes pour des densités supérieures à 300 individus par hectare. Ces observations sont conformes aux résultats de Touré et Gillet (1989) et Walker (1970).

Les comptages utilisant les mesures de distances ont l'avantage d'une mise en oeuvre plus aisée et de fournir un échantillonnage aléatoire d'effectif défini pour les mensurations nécessaires aux études démographiques et à l'estimation des productions.

³par comparaison au comptage direct sur des surfaces

Figure II.3 - Relevé du peuplement ligneux par la méthode du quadrat centré sur point (QCP) (Source : Cissé, 1990)

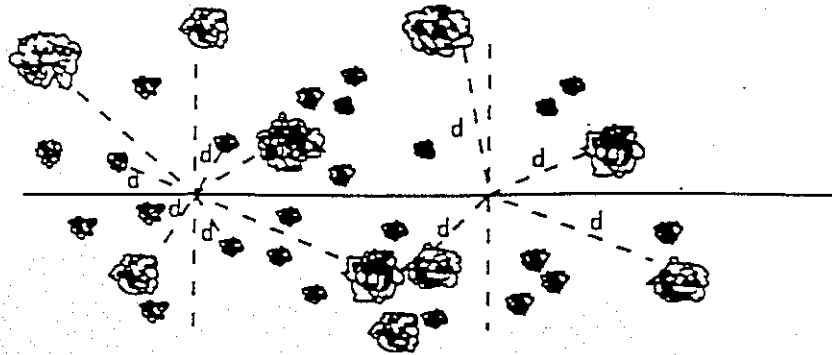
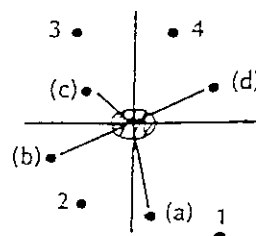
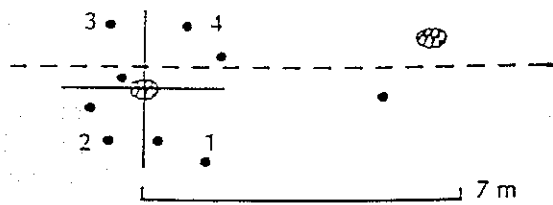
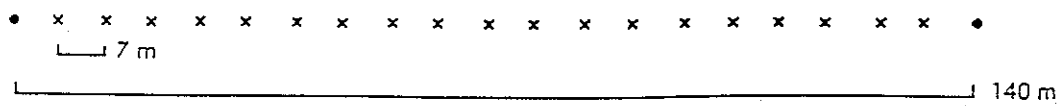


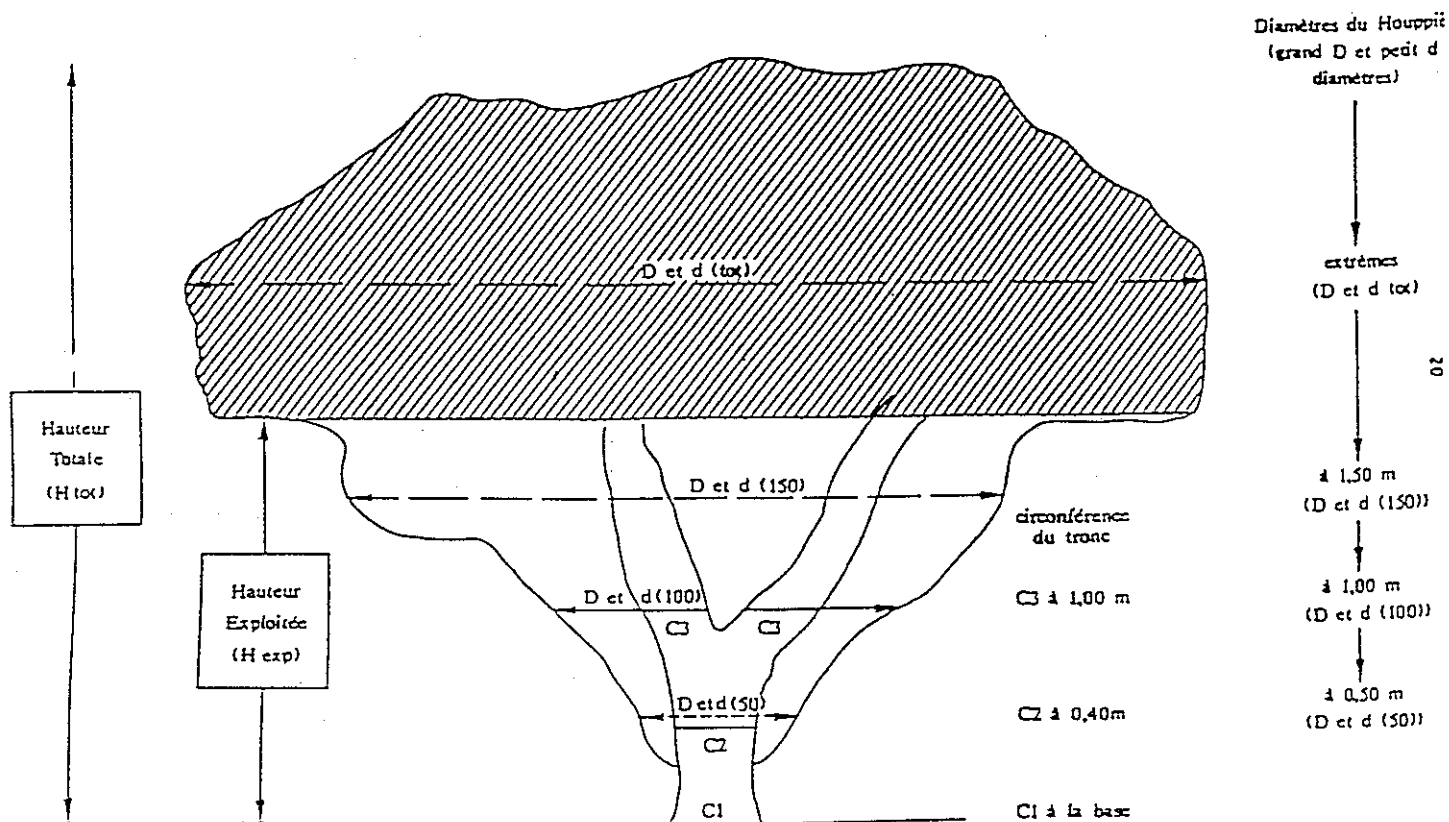
Figure II.4 - Présentation de la méthode des "croisillons" (Touré et Gillet, 1989)



1.2. Structure des peuplements

Les principales mesures retenues d'après la bibliographie sont présentées à la figure 5.

Figure II.5 - Mesure des mensurations sur un arbre-échantillon comprenant une strate exploitée et une strate non exploitée (Tounkara, 1991)



Celles qui sont utilisées le plus souvent pour caractériser la **dynamique des peuplements** sont la circonférence du tronc (Kassambara et Tounkara, 1993) ou la hauteur (Ickowicz, 1994). On a ainsi pu mettre en évidence pour certaines espèces l'accroissement de la densité, la régression ou l'absence de certaines classes de taille suite aux années de sécheresse. Les observations sont conformes à ce qui est habituellement décrit en régions sahéliennes et nord soudaniennes.

La **production fourragère** est bien sûr liée à la taille des individus ; son accessibilité pour le cheptel également mais elle dépend aussi de la forme du houppier. Les mesures individuelles visent à évaluer ces deux paramètres.

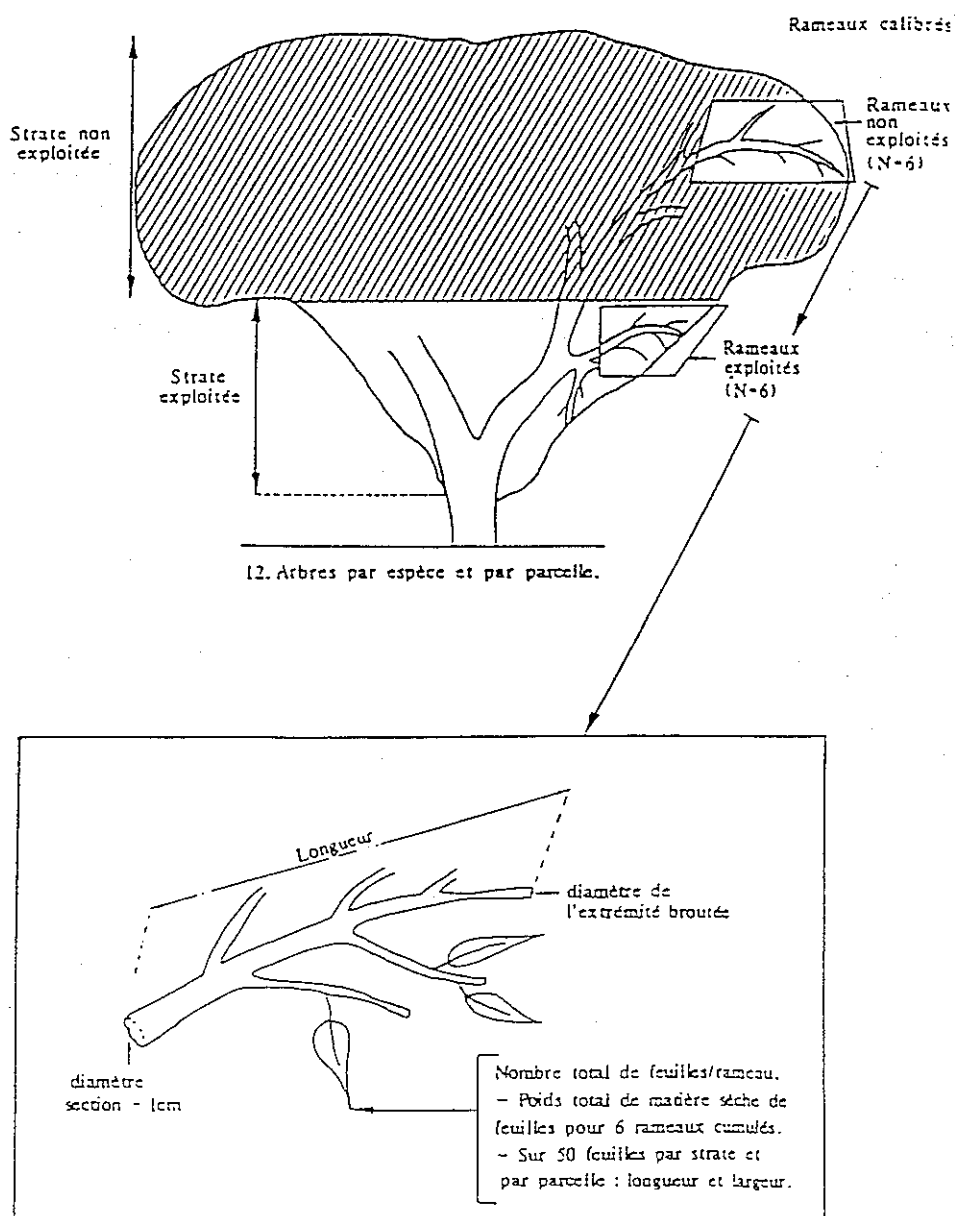
Le **recouvrement**, calculé à partir des diamètres minimal et maximal des houppiers permet une expression synthétique de l'importance relative des espèces ligneuses et du recouvrement global, toutefois, il renseigne peu sur la production fourragère et son accessibilité.

2. PRODUCTION FOURRAGERE

2.1. Production foliaire maximale

La biomasse foliaire maximale (BM), en fin de saison des pluies pour la plupart des espèces, peut être estimée à partir des mensurations et des relations d'allométrie mises au point par plusieurs équipes pour les principales espèces sahéliennes (tableaux II.1, II.2, II.3). Ickowicz *et al.*, (1994) ont complété la liste des équations disponibles et Kassambara et Tounkara (1993) ont généralisé certaines équations à des espèces de port, et de biologie comparables ; ces adaptations doivent être validées par quelques vérifications. De plus, l'application des relations d'allométrie à des ligneux soumis à d'autres conditions agro-écologiques que celles où elles ont été établies nécessite des corrections (cf. méthode des branchettes ci-dessous et figure II.6).

Figure II.6 - Mesures destinées à décrire la feuillaison sur des rameaux calibrés des strates exploitée et non exploitée (Tounkara, 1991)



2.2. Disponibilité fourragère saisonnière

La biomasse foliaire maximale renseigne sur la production fourragère présente au maximum de végétation. Cette production comme celle du tapis herbacé est sujette à une dégradation naturelle (dessiccation et chute, vent, insectes,...), au broutage, etc., inversement la croissance foliaire se poursuit en saison sèche. Il est donc nécessaire d'approcher les disponibilités fourragères saisonnières :

- la description des cycles phénologiques permet de déterminer qualitativement les périodes de disponibilité des organes végétaux ainsi que leurs stades de développement ;
- l'étude quantitative de la feuillaison permet d'estimer les variations des disponibilités fourragères (par rapport à la production maximale, ci-dessus), en particulier aux périodes de soudure - lorsque le facteur limitant de participation des ligneux à l'alimentation est quantitatif notamment en zone aride.

2.2.1. Cycles phénologiques

Les méthodes appliquées pour décrire les cycles phénologiques ont été inspirées par celle de Grouzis et Sicot (1980⁴) notamment pour le choix des stades caractéristiques de feuillaison ou de floraison - fructification - Onana (1994) propose une classification de ces stades prenant plus en compte la simultanéité, ou non, des cycles végétatifs, qui déterminent l'exploitation, et des cycles de reproduction qui déterminent la dynamique des peuplements. Ceci afin de mieux appréhender les conséquences des pratiques d'exploitation sur le renouvellement des espèces. Pour cela il a développé, sous le logiciel EXCEL, un programme permettant de tracer rapidement des phénogrammes sous forme d'histogrammes.

L'approche quantitative des changements de stade (figure II.7) proposée par Grouzis et Sicot (1980*) a été partiellement appliquée en Côte d'Ivoire et au Tchad :

- en Côte d'Ivoire, la phénologie de 12 espèces importantes au CRZ de Bouaké fut étudiée en fonction de la situation topographique. Les observations étaient bimensuelles et portaient sur quatre individus en haut, en milieu et bas de pente, soit douze au total (figure II.8) ;
- au Tchad les cycles phénologiques de 12 espèces appartenant à une ou plusieurs des quatre formations étudiées ont été décrits à partir des observations bimestrielles de 10 individus pendant 2 ans (figure II.9).

Conformément aux recommandations des auteurs de la méthode, il apparaît qu'un effectif supérieur à dix individus et des observations bimensuelles sont nécessaires pour étudier l'effet d'une combinaison de facteurs de milieu sur la phénologie.

⁴in Le Houerou éd. (1980)

Tableau II.1 - Relation d'allométrie entre la biomasse foliaire maximale (BM) et les mensurations appliquées à 7 espèces ligneuses du CRZ de Dahra (Toukara, 1991)

Espèce	Relations d'allométrie	R ²	et ₂	Limites d'application	bo	Source
<i>Acacia raddiana</i>	$BM = 52,5 D - 44,64$	0,97	-	$D < 30 \text{ cm}$	15	Piot et al., 1980
<i>Acacia senegal</i>	$BM = 2,2 D + 0,88$	-	-	$D < 16 \text{ cm}$	12	Bille, 1980
<i>Acacia seyal</i>	$\log BM = 2,25 \log C - 0,22$ $\log BM = 2,77 \log H - 4,01$ $\log BM = 1,22 \log S - 0,68$ $\log BM = 2,31 \log C - 0,74$	0,98 0,96 0,92 0,96	- - - -	$12 < C < 88 \text{ cm}$ - - -	15	Cissé, 1980 Cissé et Sacko, 1987 " "
<i>Balanites aegyptiaca</i>	$\log BM = 1,50 \log C + 0,81$ $\log BM = 1,50 \log H - 4,42$ $\log BM = 540 D - 521$ $\log BM = 1,06 \log C + 1,34 \log H - 4,34$	0,86 0,95 0,98 0,89	- - - -	$21 < C < 60 \text{ cm}$ $D < 30 \text{ cm}$ -	14	Cissé, 1980 Piot et al., 1980 Cissé et Sacko, 1987
<i>Boscia senegalensis</i>	$\log BM = 0,47 \log S + 0,77 \log N + 0,91$ $\log H - 4,85$ $\log BM = 1,14 \log H + 1,04 \log C - 2,88$	0,81 0,77	- -	- -	20	Cissé et Sacko, 1987
<i>Combretum aculeatum</i>	$BM = 60,57 H - 17,66$ $\log BM = 1,56 \log C + 0,40 \log S - 2,03$ $\log BM = 0,83 \log S + 0,58 \log H - 3,48$	0,99 0,85 0,78	- - -	$H < 3 \text{ m}$ - -	27	Piot et al., 1980 Cissé et Sacko, 1987

BM = biomasse foliaire maximale en g de matière sèche
D = diamètre du tronc à 40 cm
C = circonférence du tronc à 40 cm
N = nombre de tiges
H = hauteur totale
S = superficie de la projection de la couronne en cm²
bo = biomasse foliaire moyenne (g MS) des branchettes calibrées lors de l'établissement des relations d'allométrie (Gourma, Mali, Gaye 1989)

Tableau II.2 - Relations d'allométrie entre la biomasse foliaire maximale (BM) et les mensurations appliquées à 75 espèces ligneuses du ranch d'élevage de la SRZ de Niono (Kassambara et Tounkara, 1993) et de la forêt de Tienfala (Koné et al. 1993) (équations mises au point par Cissé 1991)

Espèces	Relations d'allométrie	R ²	et R	Limites d'application	bo	Niono	Tienfala
Acacia albida (Tamarindus indica)*	BM = 1,01 c ^{2,09}	-	-	-	15	x	x
Acacia ataxanatha	BM = 0,60 c ^{2,31}	-	-	-			x
Acacia erenbergiana	BM = 0,60 c ^{2,25}	-	-	-	15	x	
Acacia macrostachya	BM = 0,60 c ^{2,31}	-	-	-			x
Acacia nilotica	BM = 0,51 c ^{2,36}	-	-	-	25	x	
Acacia pennata	BM = 0,60 c ^{2,31}	-	-	-			x
Acacia raddiana	BM = 0,5 c ^{2,35}	-	-	-	15	x	
Acacia senegal	BM = 04,05 c ^{1,4}	-	-	-	12	x	
Acacia seyal	BM = 0,48 c ^{2,31}						x
Acacia seyal (A. ataxanatha, A. pinnata, A. sieberiana, Dichrostachys glomerata)*	BM = 1,48 c ^{2,31}	-	-	-	15	x	
Afrormosia laxiflora	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-			x
Azalia africana	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-			x
Annona senegalensis	BM = 2,34 c ^{1,88}	-	-	-			x
Anogeissus leiocarpus	BM = 2,36 c ^{1,75}	-	-	-	26	x	x
Baobab multiflora	BM = 1,00 c ^{2,18}	-	-	-			x
Balanites aegyptiaca	BM = 6,11 c ^{1,58}	-	-	-	15	x	x
Bombax costatum	BM = 0,46 c ^{2,17}	-	-	-	25	x	x

Tableau II.2 - (suite 1)

Espèces	Relations d'allométrie	R ²	et R	Limites d'application	bo	Niono	Tienfala
<i>Boscia angustifolia</i>	BM = 1,55 c ^{1.93}	-	-	-	20	x	x
<i>Boscia senegalensis</i> (<i>Ximenia americana</i>)*	BM = 2,34 c ^{1.88}	-	-	-	20	x	x
<i>Burkea africana</i>	BM = 0,22 c ^{2.40}	-	-	-			x
<i>Cadaba farinosa</i>	BM = 1,55 c ^{1.93}	-	-	-			x
<i>Cassia sieberiana</i>	BM = 0,95 c ^{2.07}	-	-	-			x
<i>Combretum aculeatum</i>	BM = 1,55 c ^{2.33}	-	-	-	25	x	
<i>Combretum ghasalense</i> (<i>C. glutinosum</i> , <i>C. nigricans</i>)*	BM = 1,25 c ^{2.12}	-	-	-	45	x	x
<i>Combretum glutinosum</i>	BM = 1,25 c ^{2.12}						x
<i>Combretum lecardii</i>	BM = 1,25 c ^{2.12}	-	-	-			x
<i>Combretum micranthum</i>	BM = 1,00 c ^{2.18}	-	-	-	35	x	x
<i>Combretum nigricans</i>	BM = 1,25 c ^{2.12}	-	-	-			x
<i>Combretum velutinum</i>	BM = 1,25 c ^{2.12}	-	-	-			x
<i>Commiphora africana</i>	BM = 1,52 c ^{1.78}	-	-	-	15	x	
<i>Cordyla pinnata</i>	BM = 0,22 c ^{2.40}	-	-	-			x
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	BM = 1,25 c ^{2.12}	-	-	-			x
<i>Dalbergia melanoxylon</i> (<i>Bauhinia rufescens</i>)*	BM = 7,69 c ^{1.18}	-	-	-	20	x	x
<i>Daniellia oliveri</i>	BM = 0,46 c ^{2.17}	-	-	-			x
<i>Detarium macrocarpum</i>	BM = 0,31 c ^{2.71}	-	-	-			x
<i>Detarium senegalensis</i>	BM = 0,31 c ^{2.71}	-	-	-			x

Tableau II.2 - (suite 2)

Espèces	Relations d'allométrie	R ²	et R	Limites d'application	bo	Niono	Tienfala
<i>Dichrostachys glomerata</i>	BM = 0,60 c ^{2,31}	-	-	-			x
<i>Diospiros mespiliformis</i>	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-			x
<i>Entada africana</i>	BM = 0,60 c ^{2,31}	-	-	-			x
<i>Feretia apodanthera</i>	BM = 1,91 c ^{1,64}	-	-	-	15	x	x
<i>Gardenia erubescens</i>	BM = 0,31 c ^{2,71}	-	-	-			x
<i>Gardenia ternifolia</i>	BM = 0,31 c ^{2,71}	-	-	-			x
<i>Grewia bicolor</i> (<i>Grewia sp</i>)*	BM = 3,00 c ^{1,50}	-	-	-	20	x	x
<i>Grewia mollis</i>	BM = 3,00 c ^{1,50}	-	-	-			x
<i>Grewia senegalensis</i> (<i>Maytenus senegalensis</i>)*	BM = 3,09 c ^{1,89}	-	-	-	35	x	x
<i>Haerifa insignis</i>	BM = 3,00 c ^{1,50}	-	-	-			x
<i>Hexalobus monopetalus</i>	BM = 1,55 c ^{1,93}	-	-	-			x
<i>Hymenia acida</i>	BM = 1,55 c ^{1,93}	-	-	-			x
<i>Lannea acida</i>	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-			x
<i>Lannea microcarpa</i>	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-			x
<i>Lannea velutina</i>	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-			x
<i>Maerua angolensis</i>	BM = 1,34 c ^{1,83}	-	-	-			x
<i>Maerua crassifolia</i> (<i>Cadaba sp</i>)	BM = 1,34 c ^{1,83}	-	-	-	12		
<i>Maytenus senegalensis</i>	BM = 3,09 c ^{1,89}	-	-	-			
<i>Mtragyna inermis</i>	BM = 0,33 c ^{2,33}	-	-	-	25	x	x

Tableau II.2 (suite 3)

Espèces	Relations d'allométrie	R ²	et R	Limites d'application	bo	Niono	Tienfala
<i>Pterocarpus lucens</i> (<i>Diospyros mespiliformis</i> , <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Lonchocarpus</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i>)*	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-	20		
<i>Piliostigma reticulata</i>	BM = 0,31 c ^{2,71}	-	-	-	35		x
<i>Prosopis africana</i>	BM = 0,31 c ^{2,09}	-	-	-			x
<i>Pteleopsis suberosa</i>	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-			x
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-			x
<i>Pterocarpus lucens</i>	BM = 0,95 c ^{2,07}	-	-	-			x
<i>Saba senegalensis</i>	BM = 1,00 c ^{2,18}	-	-	-			x
<i>Sclérocarya birrea</i>	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-			x
<i>Sclérocarya birrea</i> (<i>Cordyla pinnata</i> , <i>Prosopis africana</i> , <i>Stereospermum kunthianum</i>)*	BM = 0,22 c ^{2,40}	-	-	-	15		
<i>Securidaca longepedunculata</i>	BM = 1,34 c ^{1,83}	-	-	-			x
<i>Securinega virosa</i>	BM = 3,09 c ^{1,89}	-	-	-			x
<i>Strychnos spinosa</i>	BM = 1,38 c ^{1,91}	-	-	-			x
<i>Tamarindus indica</i>	BM = 1,01 c ^{2,09}	-	-	-			x
<i>Terminalia avicennioides</i>	BM = 2,09 c ^{2,06}	-	-	-	35		x
<i>Terminalia macroptera</i>	BM = 2,06 c ^{2,06}	-	-	-			x
<i>Vitex madiensis</i>	BM = 0,31 c ^{2,71}	-	-	-			x
<i>Vitellaria paradoxa</i>	BM = 3,09 c ^{2,06}	-	-	-			x
<i>Ximenia americana</i>	BM = 3,09 c ^{1,89}	-	-	-			x

Tableau II.2. - (suite 4)

Espèces	Relations d'allométrie	R ²	et R	Limites d'application	bo	Niono	Tienfala
Ziziphus mauritiana (Salvadora persica)*	BM = 1,38 c ^{1,91}	-	-	-	30		x
Ziziphus mucronata	BM = 1,38 c ^{1,91}	-	-	-			x

* = la relation peut s'appliquer aux espèces entre crochets

BM = biomasse foliaire maximale en g de matière sèche

C = circonférence du tronc à 40 cm

bo = biomasse foliaire moyenne (gMS) des branchettes calibrées lors de l'établissement des relations d'allométrie (Cissé 1991)

Tableau II.3 - Equations d'allométrie appliquées aux espèces ligneuses présentes à Bachoum et Kardéri
(Ickowicz *et al.*, 1994)

Espèce	Relations d'allométrie	R ²	et ₂	Limites d'application	bo	Source
Acacia laeta	BM = 142 D + 216,6	0,94	-	0 < D < 25	-	Plot <i>et al.</i> 1980
Acacia raddiana	BM = 52,5 D - 44,64	0,97	-	0 < D < 30	-	Plot <i>et al.</i> 1980
Acacia senegal	Ln BM = 1,40 Ln C + 0,46	0,83	-	-	-	Poupon 1980
Acacia seyal	Ln BM = 2,31 Ln C - 0,74	0,96	0,39	16 < C < 181	-	Clasé 1980
Balanites aegyptiaca	Ln BM = 1,06 Ln C + 1,34 Ln H - 4,34	0,89	0,58	5 < C < 250	-	Clasé 1980
Boscia senegalensis	Ln BM = 0,47 Ln S + 0,77 Ln N + 0,91 Ln H - 4,85	0,81	0,57	10 ⁴ < S < 99.10 ⁴	-	Clasé 1980
Calotropis procera	Log BM = 0,64 Log S + 0,24 Log N - 0,46	0,93	0,09	174 < S < 4.2.10 ⁴	-	Ickowicz 1994
Commiphora africana	Ln BM = 1,78 Ln C + 0,42	0,95	0,32	8 < C < 200	-	Clasé 1980
Ziziphus mauritiana	Ln BM = 1,91 Ln C + 0,32	0,96	0,33	6 < C < 148	-	Clasé 1980

BM = biomasse foliaire maximale en g de matière sèche
D = diamètre du tronc à 40 cm
C = circonférence du tronc à 40 cm
N = nombre de tiges
H = hauteur totale
S = superficie de la projection de la couronne en cm²

Figure II.7 - Exemple de phénogramme quantitatif établi à partir de l'observation des cycles de feuillaison, floraison et fructification de dix *Acacia nilotica* (Grouzis et Sicot, 1980 in Le Houerou, 1980)

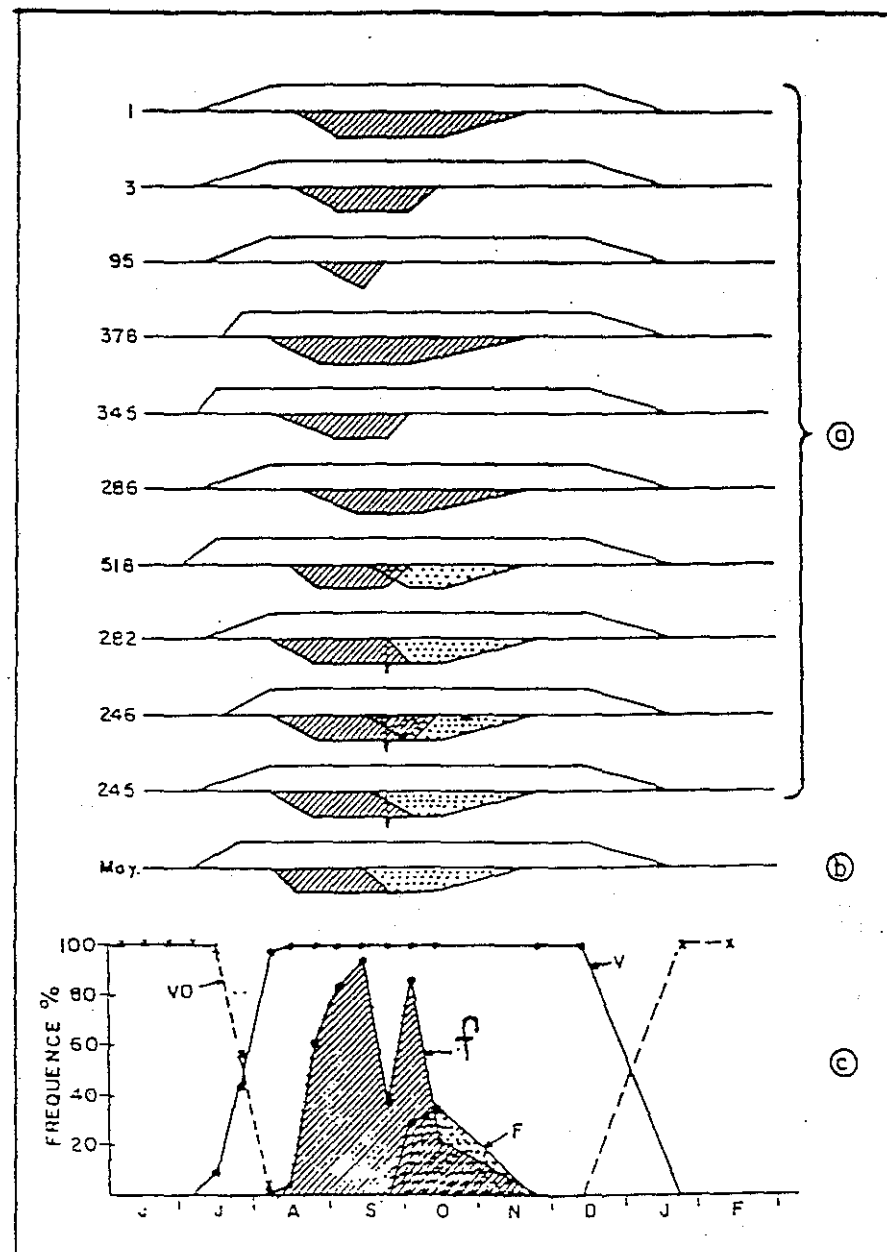


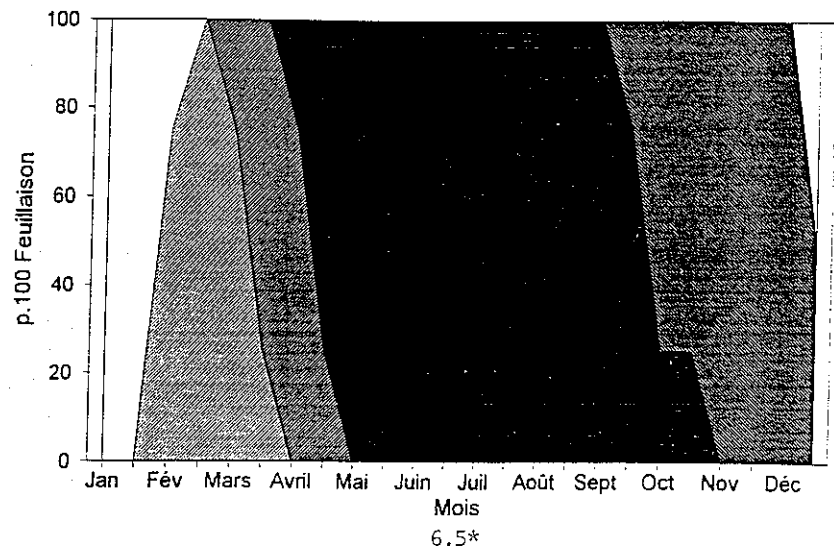
Figure II.8 - Exemple de comparaison des cycles de feuillaison de *Bridelia ferruginea* suivant la situation topographique au CRZ de Minankro-Bouaké - Côte d'Ivoire (Bodji *et al.*, 1993)

Haut de pente



Feuillaison

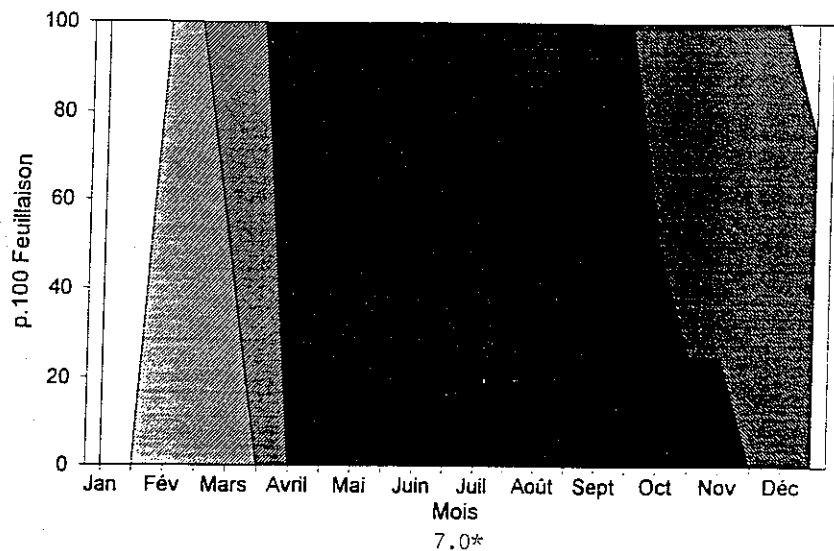
- 1 = Début de feuillaison (bourgeonnement)
- 2 = Développement des feuilles (bourgeons + feuilles épanouies)
- 3 = Pleine feuillaison
- 4 = Chute des feuilles (jaunissement et chute des feuilles)
- 5 = Pas de feuilles



* 50 p.100 des sujets en phase de feuillaison installée et verte (F2 + F3) pendant :

- 6.5 mois en haut de pente
- 7.0 mois à mi-pente
- 7.5 mois en bas de pente

Mi-pente



Bas-fond

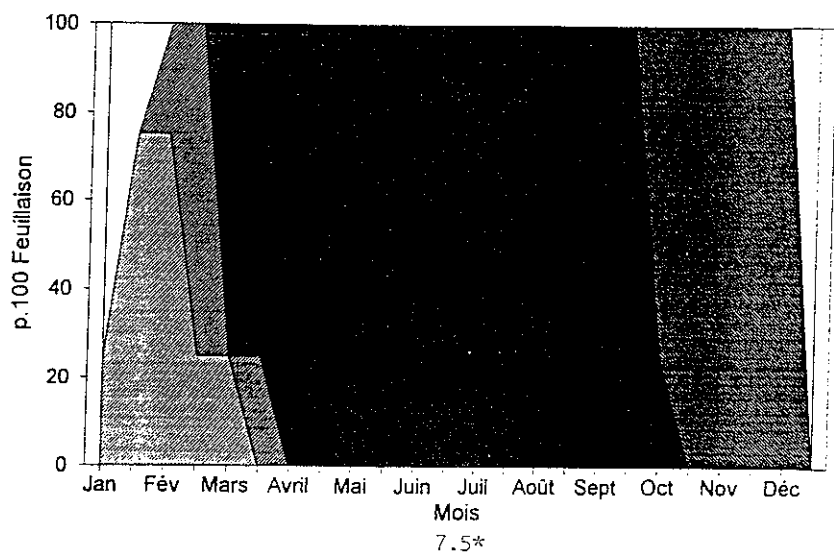
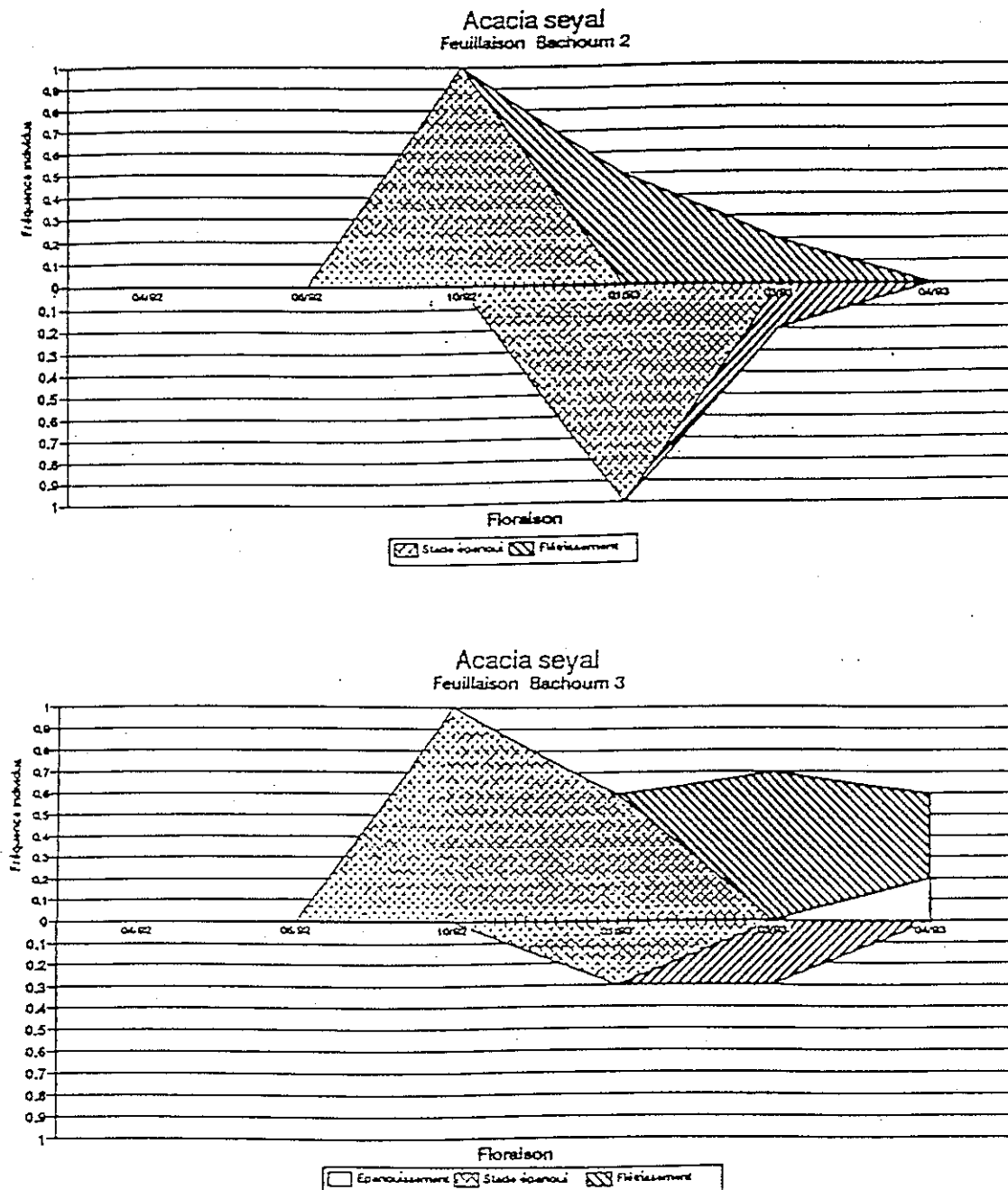


Figure II.9 - Exemple de comparaison intersites* des cycles de feuillaison et de floraison d'*Acacia seyal* au Tchad (Ickowicz, 1994)



- Stade 1 : stade bourgeon des feuilles ou fleurs ; nouaison pour les fruits.
 Stade 2 : stade début "épanouissement" des organes.
 Stade 3 : majorité des organes "épanouis" ; maturité pour les fruits.
 Stade 4 : début de "flétrissement" des organes ; début de dissémination des fruits.
 Stade 5 : organes en majorité secs.

* cf. tableau 17

2.2.2. Cycles quantitatifs de feuillaison

Les états de feuillaison pour un site et une saison donnée ont été quantifiés par la méthode des branchettes calibrées proposée dès 1980 par Cisse et généralisée par la suite aux études de potentialités fourragères au Mali (Hiernaux *et al.*, 1990, par exemple).

La méthode consiste à caractériser l'état de feuillaison maximal par mesure de la biomasse foliaire présente au maximum de végétation sur la partie distale de rameaux délimitée par un diamètre standard de leur section : en général 1 cm, mais 2 cm pour les espèces à grosses tiges (figure II.6). Les effectifs de branchettes sont compris entre 10 et 20 réparties sur 5 et 10 individus, en général 100 par espèce. S'il s'agit de caractériser la pression de broutage, les branchettes sont réparties entre les strates exploitées et non exploitées : la différence des biomasses par branchette entre les deux strates donne une évaluation du prélèvement (Toukara, 1991).

La biomasse foliaire maximale des branchettes (b_o) accompagne parfois les relations d'allométrie disponibles dans la bibliographie. Cette valeur b_o correspond aux arbres et arbustes qui ont été abattus pour l'établissement des relations d'allométrie.

Il est alors possible de corriger, pour un site et une année donnée, la biomasse foliaire maximale estimée par la comparaison de la biomasse branchette maximale mesurée (b'_o) à celle attachée à la relation d'allométrie (b_o)⁵.

$$\text{Biomasse foliaire maximale : } BM' = \frac{b'_o}{b_o} \times a M^a$$

où :

- $a M^a$ est la forme générale des relations d'allométrie (tableau II.2 par exemple) ;

- M est une mensuration.

Les variations saisonnières de la feuillaison sont mesurées suivant le même principe par le rapport entre la biomasse foliaire des branchettes calibrées mesurée à un temps t (mensuellement par exemple) et b'_o . Ces mesures ont été réalisées au Tchad (Ickowicz et Dassering, 1993) et au Mali (Kone Dembele *et al.*, 1993 - Kassambara et Toukara, 1993) (tableaux II.4 et II.5 et figures II.10 et II.11).

Les paramètres et méthodes décrits jusqu'ici visent à caractériser la biomasse fourragère totale mais ne tiennent pas compte de son accessibilité par le cheptel et de son utilisation effective.

⁵ Ickowicz (1994), qui ne disposait pas des valeurs b_o au moment de ses travaux, n'a pu procéder à ces corrections. En fait, il trouve des valeurs b'_o , proches de b_o : écart de l'ordre de 10 à 20 p.100 (tableau II.2 et figure II.10). Pour Kassambara et Toukara (1993), les écarts sont plus importants (tableau II.5).

Tableau II.4 - Evolution de la feuillaison sur 12 mois (juin 1991 à mai 1992) de 17 espèces ligneuses du ranch de la SRZ de Niono : en p.100 de la feuillaison maximale b'o qui a eu lieu en septembre ou octobre suivant les espèces (Kassambara et Tounkara, 1993)

b'o = biomasse foliaire maximale mesurée à Niono
 bo = biomasse foliaire maximale mesurée par les auteurs des relations d'allométrie

Code	Famille / Espèce	Formation	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	b'o/b0
b 051101	MIMOSACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Dichrostachys glomerata</i>		16	46	100	86	84	73	30	14	0	0	0	3	2,46
051703	<i>Acacia senegal</i>		38	44	56	100	63	44	44	31	19	0	0	6	1,33
051715	<i>Acacia seyal</i>	Sa	14	29	71	100	80	43	24	19	14	10	0	5	1,40
		Ar	0	17	83	100	83	6	0	0	0	0	0	0	1,20
053301	FABACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Pterocarpus lucens</i>		0	16	81	100	58	55	32	26	10	6	3	0	1,55
b 027610	COMBRETACEAE <i>Combretum ghasalense</i>		29	54	89	100	86	71	70	48	41	38	23	20	1,24
027616	<i>Combretum micranthum</i>		1	25	78	100	91	88	44	31	12	3	3	2	0,91
027635	<i>Combretum aculeatum</i>	BF	0	10	80	100	90	35	0	0	0	0	0	0	0,80
		Sa	0	23	85	100	88	35	8	4	0	0	0	0	1,04
027901	<i>Guiera senegalensis</i>	Bf	22	27	67	78	100	73	58	40	33	24	22	13	1,28
		Sa	0	19	60	100	77	74	44	35	28	12	2	2	1,22
030411	TILIACEAE <i>Grewia bicolor</i>		0	5	73	100	91	55	27	23	0	0	0	0	1,10
036302	ZYGOPHYLLACEAE <i>Balanites aegyptiaca</i>	Sa	6	38	50	75	100	63	24	31	0	0	0	6	1,06
068202	RHAMNACEAE <i>Ziziphus mauritiana</i>		12	35	65	100	94	88	71	65	41	35	9	3	1,13
071103	BURSERACEAE <i>Commiphora africana</i>		33	33	89	100	78	22	22	11	11	0	0	11	0,60
075301	ANACARDIACEAE <i>Sclerocarya birrea</i>		12	29	41	47	100	82	76	53	35	6	0	6	1,13
a 094901	RUBIACEAE <i>Perettia apodanthera</i>	BF	0	44	64	92	100	60	24	20	4	0	0	0	1,66

Sa = sur sol sableux ?

BF = sur bas-fond limono-argileux

Ar = sur dépression argileuse

Tableau II.5 - Evolution de la feuillaison sur 12 mois (juin 1991 à mai 1992) de 36 espèces ligneuses du ranch de la forêt de Tienfala : en p.100 de la feuillaison maximale b'o qui a lieu d'août à octobre suivant les espèces (Koné Dembelé, 1993)

Code	Famille / Espèce	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	b'o/b0
	CAESALPINIACEAE <i>Legumineuse</i>													
044501	Cordyla pinnata	20	37	99	100	65	16	11				9	12	
045801	Detarium microcarpum	29	39	100	62	58	20	7	3			13	20	
045802	Detarium senegalense	30	40	100	62		20	7	2			12	20	
046501	Daniellia oliveri	16	25	86	100									
049501	Burkea africana	11	20	51	100		15					4	5	
	MIMOSACEAE <i>Legumineuse</i>													
050801	Prosopis africana	22	59	100		91	33	29	17	3		12	24	
a 051101	Dichrostachys cinerea													
b 051101	Dichrostachys glomerata	38	49	55	100	80		47	13	2		18	22	
051707	Acacia macrostachya	21	39	100	72	90	57	41	30	23	8		18	
051708	Acacia ataxacantha	21	39	100	71	89	56	40	29	23	14		18	
	FABACEAE <i>Legumineuse</i>													
053301	Pterocarpus lucens	0	29	17	71	100	27	11	0	0	0		0	
053305	Pterocarpus erinaceus	34	48	100	100	60	41	33	26	26	25	16	28	
	POLYGALACEAE													
009702	Securidaca longepedunculata	14	14	79	100	70	83	52	28			3	7	
	COMBRETACEAE													
a 027607	Combretum molle													
b 027607	Combretum velutinum	85	65	78	100		45	48	23	14	6	39	45	
	Combretum nigricans	20	43	100	79	66	42	24	18	0	0	27	28	
	Combretum glutinosum	85	65	78	100	72	45	48	23	14	6	39	45	
a 027610	Combretum fragrans													
b 027610	Combretum ghasalense	85	65	78	100		45	48	23	14	6	39	45	
	Combretum micranthum	20	40	100	87	69	45	27	13			22	28	
	Combretum lecardii	86	66	80	100		45	48	23	14	7	39	45	
	Pteleopsis suberosa		18	100	43		14	6						
027901	Guiera senegalensis	26	26	17	100	43	26	38	14	13	16	13	18	
028004	Terminalia macroptera		28	77	63	100	21	10						
028010	Terminalia avicennioides		25	71	69	100	24	12						
	TILIACEAE													
030410	Grewia mollis	18	36	71	100	84		30	14			13	18	
030411	Grewia bicolor	18	36	71	100		68	34	14			12	18	

Tableau II.5 - (suite)

Code	Famille / Espèce	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	b'0/b0
033002	BOMBACACEAE <i>Bombax costatum</i>	16	25	86	100	93								
a 038001	EUPHORBIACEAE <i>Fluggea virosa</i>													
c 038001	<i>Securinea virosa</i>	9	32	100	91	27	17	11				8	2	
a 063502	CELASTRACEAE <i>Maytenus senegalensis</i>	15	36	100	71	75		54	32	32	24	8		
065701	OLACACEAE <i>Ximenia americana</i>	25	41	100	80	55	36	54	35	20	14	29	35	
068202	RHAMNACEAE <i>Ziziphus mauritiana</i>	57	21	100	42			66	28	15	30	22	13	
075301	ANACARDIACEAE <i>Sclerocarya birrea</i>	21	39	100	93	89	29					7	11	
079721	EBENACEAE <i>Diospyros mespiliformis</i>													
080901	SAPOTACEAE <i>Vitellaria paradoxa</i>	21	28	100	51	44	28	29	20	20	17	7	19	
082801	LOGANIACEAE <i>Strychnos spinosa</i>	13	23	75	100	70	73	48				17	23	
092001	RUBIACEAE <i>Crossopteryx febrifuga</i>	20	43	100	79		42	24	18			18	28	
094901	<i>Feretia apodanthera</i>	10	21	100	58	66	13	8						
126509	VERBENACEAE <i>Vitex madiensis</i>	2	6	38	100	60		38	6				9	

Figure II.10 - Variations saisonnières de la biomasse foliaire moyenne (gMS) des branchettes calibrées de six espèces ligneuses au ranch de Bachoum (Tchad - Ickowicz *et al.*, 1994)

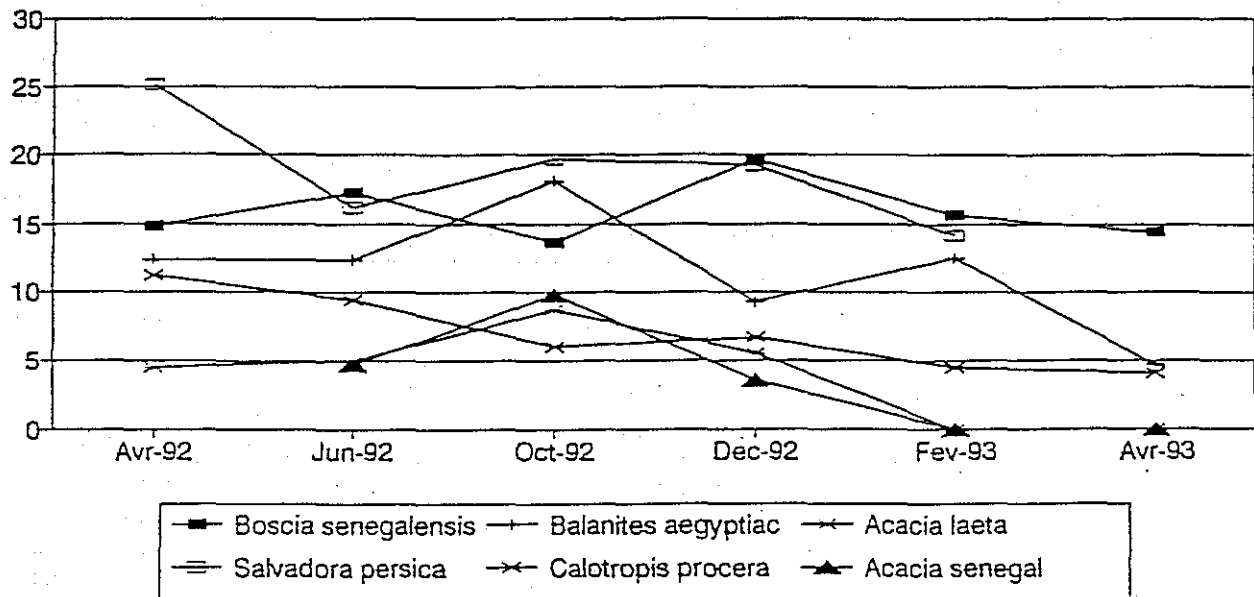
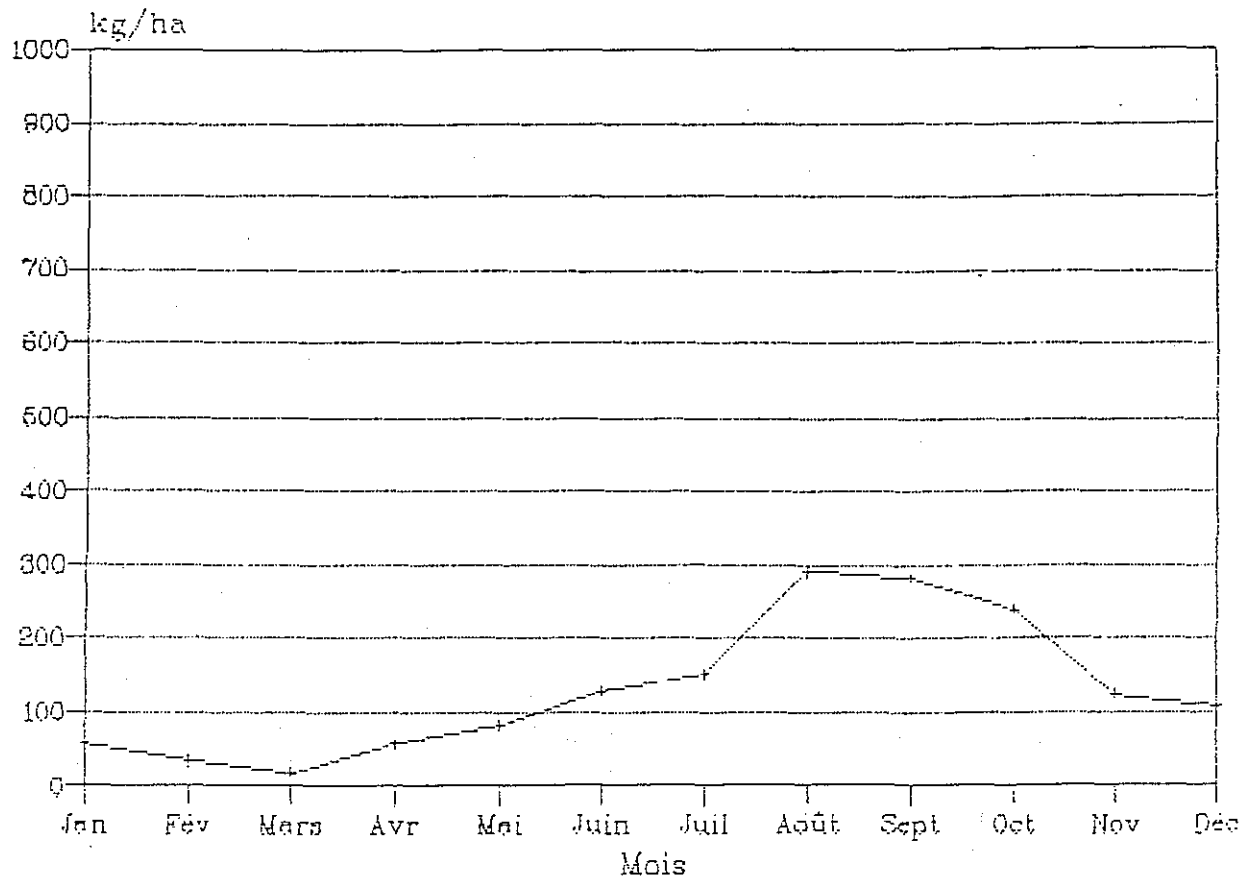


Figure II.11 - Evolution saisonnière de la biomasse foliaire totale d'une formation à *Combretum glutinosum* en forêt de Tienfala (Mali - Koné Dembelé *et al.*, 1993)



2.3. Biomasse fourragère accessible

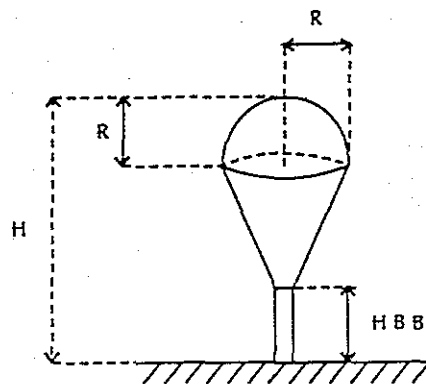
L'observation du comportement des animaux sur parcours conduit à considérer comme "utile" la fraction de la végétation ligneuse située en dessous de 1.5 m ou 2 m suivant les auteurs. En forêt de Tienfala (Koné, Dembelé *et al.*, tableau II.14), la limite a été fixée en ne retenant que les sujets ayant une hauteur inférieure à 2 m, c'est-à-dire en négligeant les branches basses des plus grands individus. En fait, la capacité des animaux à exploiter des strates supérieures dépend de leur taille (exemple du dromadaire), de l'appétibilité des espèces et de la pression du pâturage (biomasse animale/biomasse végétale qui détermine pour une part l'expression de l'"agilité" des animaux pour accéder aux espèces appréciées).

Ickowicz et Dassering, 1993 (figure II.12 et tableau II.6) au Tchad se sont efforcés, pour les conditions d'exploitation qu'ils ont connues⁶, de quantifier l'accessibilité observée des fourrages en mesurant la fraction des houppiers située en dessous de 1.5 m ainsi que leur "pénétrabilité" en profondeur. Pour cela, ils ont affecté des formes géométriques à chaque espèce (figure II.12) et assimilé le volume inférieur au volume utile. Ils ont aussi mesuré la profondeur d'exploitation du houppier variable d'une espèce végétale à l'autre, mais aussi suivant l'espèce animale. Ce dernier point n'a pas pu être étudié au Tchad car l'exploitation des parcours était mixte (plusieurs espèces animales) : en revanche, au Sénégal, les mesures réalisées dans le cadre du dispositif du projet TS2 0075-IRL (EDB) renseignent partiellement sur ce point (cf. ci-dessous).

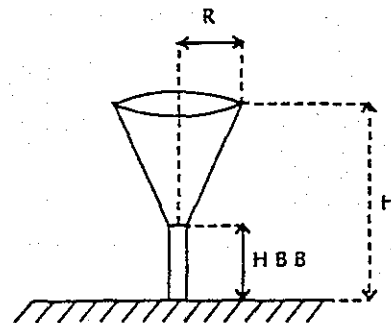
Ces mesures et calculs ont conduit, au Tchad, à la détermination d'une biomasse fourragère saisonnière et accessible - par espèce végétale et par peuplement (tableaux II.6 et II.7).

⁶par hectare = 12,5 à 125 kg de poids vif animal
 70 à 4 000 kg MS de biomasse herbacée
 40 à 480 kg MS de biomasse ligneuse totale.

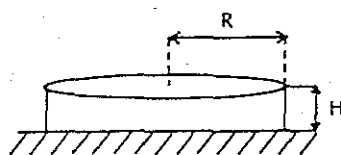
Figure II.12 - Formes attribuées aux espèces ligneuses pour le calcul des volumes de houppier (Ickowicz, 1994)



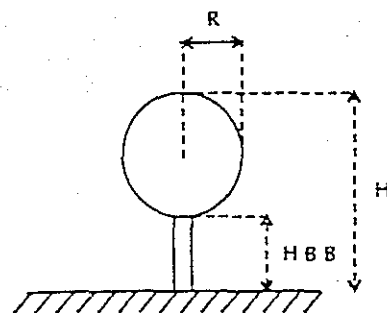
Balanites aegyptiaca
Boscia senegalensis
Cordia sinensis
Capparis decidua



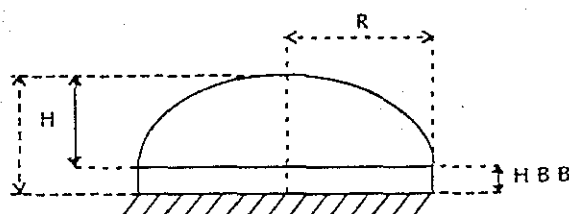
Acacia raddiana
Acacia senegal
Acacia seyal
Acacia laeta
Leptadenia pyrotechnica
Calotropis procera
Ziziphus mauritiana



Hyphaene thebaica
 (buisson)



Lanea humilis
Commiflora africana



Salvadora persica

Tableau II.6 - Paramètres caractérisant la disponibilité fourragère ligneuse sur le site Bachoum 1

Bachoum 1	Eff	S m ²	Vt m ³	Vd m ³	Va m ³	BtM g/MS	BdM g/MS	BaM g/MS
Espèces								
<i>Boscia senegalensis</i>	14	18.7	15.8	12.6	12.6	5 308	5 059	5 059
<i>Commiphora africana</i>	1	4.9	8.2	1.1	1.0	987	127	119
<i>Acacia senegal</i>	8	165.7	171.8	2.9	2.5	2 306	. 45	40
<i>Calotropis procera</i>	38	67.1	47.9	21.7	21.7	8 801	5 263	5 263
<i>Capparis decidua</i>	9	104.9	232.1	33.6	26.0	-	-	-
<i>Cordia sinensis</i>	4	34.5	53.6	29.4	11.9	719	394	160
<i>Lannea humilis</i>	2	18.9	46.0	2.2	1.8	-	-	-
<i>Salvadora persica</i>	1	61.1	143.3	77.7	14.9	45 993	24 935	4 776
<i>Hyphaene thebaica</i>	3	3.5	2.6	2.6	2.6	-	-	-
Total échantillon QCP	80	479.3	721.2	183.8	95.1	64 114	35 823	15 417
Total site/ha	133	796.9	1199.0	305.5	158.1	106 590	59 556	25 631

S = Surface de recouvrement (projection des houppiers sur le sol)

Vt = Volume total de houppier

Vd = Volume de houppier en dessous de 1,5 m (volume "disponible" - Ickowicz, 1994)

Va = Volume de houppier en dessous de 1,5 m et accessible en profondeur aux animaux

BtM = Biomasse foliaire totale au maximum de feuillaison

BdM = Biomasse foliaire en dessous de 1,5 m au maximum de feuillaison ("biomasse foliaire disponible" Ickowicz, 1994)

BaM = Biomasse foliaire en dessous de 1,5 m et accessible aux animaux en profondeur au maximum de feuillaison

Tableau II.7 - Proportion des espèces ligneuses par rapport à la population (% P), au recouvrement ligneux (% S) et biomasse foliaire accessible maximale (% BM) sur les quatre sites (Ickowicz et al., 1994)

FORMATIONS		BACHOUM I			BACHOUM II			BACHOUM III			KARDERI		
Nombre de ligneux par hectare		133			128			48			211		
Taux de recouvrement des couronnes %		8.0			3.1			2.8			22.3		
Biomasse foliaire maximale kg/ha			25.6			19.5			34.4			14.3	
Code	Famille / Espèce	%P	%S	%BM	%P	%S	%BM	%P	%S	%BM	%P	%S	%BM
044001	CAESALPINIACEAE Légumineuse <i>Bauhinia rufescens</i>	.						.					
051702	MIMOSACEAE Légumineuse <i>Acacia lecta</i>				5.0	32.6	8.00						
051703	<i>Acacia senegal</i>	10.0	34.6	0.3				6.3	18.1	0.1	3.8	10.4	0.3
a 051706 b 051706	<i>Faidherbia albida</i> <i>Acacia albida</i>										1.3	17.7	3.3
a 051713a b 051713a	<i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>raddiana</i> <i>Acacia raddiana</i>							.			11.2	4.4	21.2
051712	<i>Acacia nilotica</i>				.								
051715	<i>Acacia seyal</i>	.			1.3	0.4	0.0	.					

CONCLUSION

**Choix des méthodes d'observations et de mesures, de leur précision,
en fonction des objectifs de gestion
des peuplements et des ressources fourragères**

Il paraît difficile d'aller beaucoup plus loin dans l'évaluation de la contribution de la strate ligneuse au bilan fourrager en milieu difficile et hétérogène (Leouffre, 1991).

Ce type de méthodologie ne peut pas être répété à grande échelle mais à l'avantage de fournir des références sur les variations des productions et leur disponibilité effective. La comparaison des résultats obtenus par les diverses méthodes montre aussi que des inventaires utilisant des paramètres trop globaux fournissent toujours des valeurs chiffrées mais qui ne correspondent à aucune réalité fourragère : l'importance relative des espèces est très variable suivant que l'on considère la densité de population, le taux de recouvrement ou la biomasse fourragère (tableau II.7).

Le choix des mesures doit être orienté par les objectifs d'utilisation. Les résultats obtenus, leurs difficultés d'obtention, leur précision et leur variabilité, inspirent quelques questions :

- si l'objectif est de mettre en relation le comportement alimentaire des animaux sur parcours avec la végétation, des classes d'abondance-dominance associées à des phénogrammes qualitatifs ne sont-elles pas suffisantes ?
- s'il s'agit de comparer en vue de leur sélection des espèces utilisées pour les aménagements agroforestiers, n'est-il pas nécessaire de comparer, quantitativement, leurs productions utiles en particulier pour les périodes de soudure ?

Ce dernier point fait référence à la gestion des peuplements ligneux qui peuvent subir une pression de brout plus ou moins forte. Certaines espèces telles que *Combretum aculeatum*, en zone sahélienne, semblent limitées pour leur développement et leur reproduction par le surpâturage, d'autres envahissent les parcours sans contribuer, significativement, à l'alimentation des animaux, enfin d'autres ont un statut intermédiaire.

Pour celles qui ont des statuts critiques⁷, il est utile de connaître les effets de divers niveaux de pression de pâturage en vue de recommander des charges ne mettant pas en danger la végétation ligneuse. C'est par exemple un des objectifs poursuivis par le projet forestier Sénégal-Allemand de Vindou Tiengoli (CNRF Dakar/GTZ) et les projets ST2 et ST3, coordonnés par le Teagasc (Irlande), consacrés au "pâturage mixte".

Quelques espèces végétales spontanées pourraient être l'objet d'expérimentations particulières pour fixer les normes de leur gestion. Les mesures sont abondantes pour les espèces cultivées (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*,... Kouonmènioc, 1990 par exemple). Onana (1994) a étudié les effets de divers rythmes d'effeuillage manuel de *Ficus gnaphalocarpa*, objet d'une exploitation intense dans la région de Garoua.

⁷ menacées ou envahissantes, par exemple

L'effet du prélèvement par l'animal étudié directement ou simulé par un effeuillage manuel sur la croissance des feuilles (Leouffre, 1991), a été peu étudié en zone tropicale sèche. Cissé (1980) étudia l'effet de l'effeuillage sur certains buissons (*Combretum aculeatum*, *Cadaba farinosa*, *Feretia apodanthera*) ; il conclut à la variabilité des réponses observées (effet dépressif ou stimulant) suivant l'espèce végétale, le rythme d'effeuillage. Il affirma qu'à long terme, l'effeuillage peut entraîner une modification de la production par modification de la structure du peuplement, l'évolution se faisant au détriment des espèces les plus exploitées.

L'effet du prélèvement a été plus étudié en milieu méditerranéen, en particulier sur diverses espèces de chêne (Revue de Leouffre, 1991). Ces études mettent en évidence les effets des prélèvements sur la croissance foliaire à long terme, mais elles ne permettent pas de corriger les résultats obtenus par les relations d'allométrie pour estimer un stock de fourrage à une période déterminée.

Toumkara (1991) a caractérisé l'état de feuillaison de 7 espèces ligneuses soumises à un brout plus ou moins intense par des bovins, des ovins ou des caprins (projet 135/EEC ; TS2-0075 - IRL (EDB)) (tableau II.8). Pour cela, il a distingué les strates exploitées et non exploitées en fin de saison sèche et a utilisé des paramètres extraits de la bibliographie tels que :

- la hauteur de broutage (tableau II.9) et la section des tiges broutées ;
- le taux de feuillaison (tableau II.10) et la densité numérique des feuilles ;
- leur surface et leur poids pour déterminer un indice foliaire, témoin du potentiel photosynthétique, etc.

Tableau II.8 - Surfaces, biomasses herbacées, densités ligneuses et charges animales de certaines parcelles (1) du dispositif expérimental du projet "n° 135/EEC ; TS2 - 0075 - IRL (EDB)" (2) consacré à l'étude des effets du "pâturage mixte" sur le comportement alimentaire des ruminants, les performances zootechniques et la dynamique de la végétation (d'après communication personnelle de T. Nolan-Teagasc et d'après Tounkara, 1991)

Parcelle	1	3	4	5	6
Surface (ha)	60,4	16,1	15,6	15,0	9,8
Biomasse herbacée (kg MS/ha) (début de saison sèche)	499	437	138	231	358
Nombre de ligneux vivants (N/ha)	113	89	126	313	163
Charge totale					
. Bovins : N	15	-	-	-	-
Poids vif (kg)	2 559	-	-	-	-
P 0,75 (kg)	708	-	-	-	-
. Ovins : N	-	24	48	-	-
Poids vif (kg)	-	479	1 091	-	-
P 0,75 (kg)	-	227	500	-	-
. Caprins : N	-	-	-	24	48
Poids vif (kg)	-	-	-	476	820
P 0,75 (kg)	-	-	-	226	403
Charge par hectare					
. Bovins : kg P 0,75/ha	11,7	-	-	-	-
. Ovins : kg P 0,75/ha	-	14,0	32,1	-	-
. Caprins : kg P 0,75/ha	-	-	-	15,0	41,1
. Total	11,7	14,0	32,1	15,0	41,1
Pression de pâturage					
. Biomasse herbacée en kg/kg P 0,75	42,6	31,1	4,3	15,3	8,7
. Nombre de ligneux vivants par kg P 0,75	9	7	4	21	4

(1) parcelles dont la végétation ligneuse a été étudiée en fin de saison sèche (Tounkara, 1991).

(2) projet associant Teagasc (Irlande), ISRA (Sénégal), CIRAD-EMVT (France)

Tableau II.9 - Moyennes et écarts types des hauteurs de broutage (en cm)
(30 arbres ou arbustes par espèce ou par parcelle)
(Toukara, 1991) (Collaboration avec projet 135/EEC ;
TS2 - 0075-IRL (EDB))

Espèces		Parcelle - Espèce - Charge					Ensemble des parcelles
		1 B f	3 O f	4 O F	5 C f	6 C F	
<u>Acacia senegal</u>	x	105	88	97	120	114	105
	s	20	15	18	18	31	
<u>Acacia seyal</u>	x			98	110		(104)
	s			10	18		
<u>Acacia raddiana</u>	x	83		64	103		(83)
	s	50		33	51		
<u>Balanites aegyptiaca</u>	x	111	88	90	108	114	102
	s	23	18	15	23	41	
<u>Boscia senegalensis</u>	x	90	57	16	51	77	64
	s	44	20	20	31	26	
<u>Calotropis procera</u>	x	76	57	109	104	119	93
	s	25	27	7	26	23	
<u>Combretum aculeatum</u>	x	99	84	96	126	86	98
	s	41	18	16	27	37	
Moyennes pour les cinq espèces exploitées dans toutes les parcelles		96	75	88	102	102	92

B : bovin ; C : caprin ; O : ovin ;
f : charge faible. (11 à 15 kg $P^{0.75}$ /ha) ; F : charge forte. (30 à 40 kg $P^{0.75}$ /ha) ;
x : moyenne ; s : écart type

Tableau II.10 - Estimation, pour quelques espèces ligneuses, du taux de feuillaison des strates exploitée (E) et non exploitée (NE) en fin de saison sèche (mai 1991) par comparaison de la biomasse foliaire des rameaux calibrés (bt) à celle estimée d'après la bibliographie (Toukara, 1991)
(Collaboration avec projet 135/EEC ; TS2 - 0075 - IRL (EDB))

Espèces	Strate	Parcelle - Espèce - Charge					Moyenne	Ecart Type
		1 B f	3 O f	4 O F	5 C f	6 C F		
<u>Acacia senegal</u>	N.E.	32	19	28	37	23	28	6
	E.	18	5	5	5	5	9	5
<u>Acacia seyal</u>	N.E.			19	19		19	
	E.			11	3		7	4
<u>Acacia raddiana</u>	N.E.	48		37	23		36	10
	E.	64		21	5	0	13	8
<u>Balanites aegyptiaca</u>	N.E.	36	16	15	42	8	23	13
	E.	18	10	9	6	2	9	5
<u>Boscia senegalensis</u>	N.E.	99	74		64	62	75	15
	E.	43	76		70	64	63	12
<u>Calotropis procera</u>	N.E.	11	14	33	24			
	E.	14	11	16	18			
<u>Combretum aculeatum</u>	N.E.	3	5	4	1	17	6	6
	E.	2	3	4	1	2	3	1

B : bovin ; C : caprin ; O : ovin ;

f : charge faible (11 à 15 kg $P^{0.75}$ /ha) ; F : charge forte (30 à 40 kg $P^{0.75}$ /ha)

Ces mesures très lourdes ne conduisent pas à des recommandations de gestion, mais la mise à l'épreuve des protocoles (temps de travaux par exemple) (tableau II.11) et les résultats constituent des acquis pour l'établissement de référentiels (valeurs moyennes et variabilité des paramètres...) ainsi que la définition d'expérimentations ciblées sur certaines espèces végétales considérées comme importantes sur tel ou tel critère agronomique, forestier ou zootechnique.

Tableau II.11 - Temps de travaux pour l'étude de la végétation ligneuse dans le cadre de cette étude (Tounkara, 1991 ; collaboration projet 135/EEC ; TS2 - 0075 - IRL (EDB))

Travaux	Nbre de personnes	Nbre de journées	Nbre d'heures	Temps unitaire (homme x temps)
Inventaire	4	4	28	1,5 h/ha
Mensurations	2	20	140	20 min/arbre
Feuillaison	4	24	168	10 min/branchette
Mesures sur les feuilles	1	11	72	50 feuilles/h

Les données obtenues par les méthodes décrites ci-dessus sur les principaux terroirs où fut étudié le comportement alimentaire des ruminants sont résumés dans les tableaux II.12 à II.17.

Tableau II.12 - Végétation ligneuse et subligneuse (* dans le tableau) des parcours de savane arborée et arbustive guinéenne de Foro Foro en Côte d'Ivoire (Bodji *et al.* - DRA/IDESSA 1993)

Coordonnées et situation géographique : latitude 8°N ; longitude 5°0 à 25 km au nord de Bouaké.

Pluviosité : 1 000 à 1 200 mm d'avril à octobre.

Types de végétation et de sols : au Foro Foro, les animaux exploitent les pâturages répartis en deux zones A et B (César, 1984). La zone A a été préalablement caractérisée par César en 1984. Dans le cadre de l'exécution du projet CEE, Bodji *et al.* (1991-1992) ont délimité 66 ha exploités par les animaux au niveau de la zone A d'une part et d'autre part décrit quatre faciès de végétation, représentés par les formations I, II, III et IV.

- Savane arborée et forêt claire à *Daniellia oliveri* sur sols argilo-sableux dans les bas de pente (formation I).
- Savane arbustive et arborée à *Pseudocedrela kotschy* sur sols sablo-argileux à mi-pente (formation II).
- Savane arbustive et arborée à *Parinari curatellifolia* et *Pericopsis laxiflora* sur sols gravillonnaires latéritiques (formation III).
- Savane arbustive et arborée à *Pterocarpus erinaceus* sur sols sableux (formation IV).

Méthodes : un comptage direct des ligneux a été effectué sur trois parcelles contiguës de 1 250 m² (50 x 25 m) représentatives de chacune des formations. La comparaison des résultats du comptage direct avec ceux d'une estimation par la méthode des croisillons (Touré et Gillet, 1989) proche de la méthode du "quadrat centré sur point" a été effectuée sur les deux diagonales d'une parcelle de 1 hectare. Les résultats du comptage direct ont été retenus pour comparer les quatre formations.

Commentaires : Comme pour Thyse Kayemor (tableau II.13), cette description ne permet pas d'évaluer la production fourragère ligneuse. Elle a seulement pour objectif de déterminer la hiérarchie des espèces suivant leur importance numérique pour la comparer à celle des préférences alimentaires des ruminants (tableaux III.4 et III.5).

Tableau II.12 - (suite)

Formation	I	II	III	IV
Nombre de sujets par hectare	1480	2293	1904	1464
Code	FAMILLE \ Espèce			
	LEGUMINEUSES			
	CAESALPINIACEAE			
a 044102	Piliostigma thonningii	3	4	1
046301	Afzelia africana		1	2
046501	Daniellia oliveri	8	5	2
048501	Tamarindus indica			10
a 049601	Erythrophloeum suaveolens			
b 049601	Erythrophloeum guineense	3		
	MIMOSACEAE			
049901	Parkia biglobosa		*	
a 051101	Dichrostachys cinerea		*	
051705	Acacia polyacantha			
a 051706	Faidherbia albida			
b 051706	Acacia albida			
a 051805	Albizia malacophylla			
b 051805	Albizia borommoensis			
051807	Albizia zygia		1	1
	FABACEAE			
a 052402	Pericopsis laxiflora	11	11	21
053100	Dalbergia sp			7
053305	Pterocarpus erinaceus	4	6	7
054402	Tephrosia elegans		*	13
055605	Eriosema psoraleoides		*	
055610	Eriosema glomeratum		*	
055611	Eriosema griseum		*	
058102	Tetramesa buettneri		*	
059602	Desmodium gangeticum		*	
059603	Desmodium velutinum		*	
059608	Desmodium ramosissimum		*	
059702	Pseudarthria hookeri		1	1
060101	Urtica picta		*	
	AUTRES FAMILLES			
	ANNONACEAE			
000403	Uvaria chamae			
002503	Annona senegalensis		1	1
	COCHLOSPERMACEAE			
019002	Cochlospermum planchonii		*	
	OCINACEAE			
024501	Lophira lanceolata	1	1	6
	MYRTACEAE			
025104	Syzygium guineense	6	1	3

* Sublignaux

Formation	I	II	III	IV
Nombre de sujets par hectare	1480	2293	1904	1464
Code	FAMILLE \ Espèce			
	ANACARDIACEAE			
a 075504	Lannea barteri			
b 075504	Lannea kerstingii	2	1	2
075507	Lannea acida		*	*
076003	Rhus natalensis			
	ARALIACEAE			
a 077601	Cussonia arborea		2	1
	SAPOTACEAE			
a 080901	Vitellaria paradoxa	2	6	4
	LOGANIACEAE			
082801	Strychnos spinosa			
	ASCLEPIADACEAE			
088401	Secamone afzelii			
	RUBIACEAE			
093407	Gardenia erubescens			
093409	Gardenia ternifolia			
a 096201	Nauclea latifolia	2	3	2
097007	Fadogia agrestis			1
097703	Morinda lucida			
	ASTERACEAE			
106602	Elephantopus mollis		*	
107132	Vernonia nigritiana		*	
107152	Vernonia guineensis		*	
a 107601	Chromolaena odorata	1	*	
	SCROPHULARIACEAE			
a 118701b	Cynium adonense		*	
b 118701b	Cynium camporum		*	
	VERBENACEAE			
125731	Tectona grandis			
125905	Lantana rhodensis		*	
126101	Lippia multiflora		7	2
a 126506	Vitex doniana		*	*
126521	Gmelina arborea	2		

Formation	I	II	III	IV
Nombre de sujets par hectare	1480	2293	1904	1464
Code	FAMILLE \ Espèce			
	COMBRETACEAE			
a 027607	Combretum molle			
b 027607	Combretum velutinum	1		3
027616	Combretum micranthum			
028005	Terminalia laxiflora			
028008	Terminalia glaucescens	2	11	6
	STERCULIACEAE			
032644	Cola cordifolia		*	
	EUPHORBIACEAE			
036506	Bridelia ferruginea	3	6	2
037502	Antidesma venosum		*	5
037703	Hymenocardia acida	12	*	1
a 038001	Fluggea virosa		*	
c 038001	Securinea virosa		*	
038105	Uapaca togoensis	8	1	3
	ROSACEAE			
043509	Parinari curatellifolia	30	11	22
	MORACEAE			
a 061407	Ficus sur Forsk			
b 061407	Ficus capensis		1	*
061435	Ficus glumosa		1	1
	HIPPOCRATEACEAE			
063904	Salacia senegalensis		*	
	OLACACEAE			
065802	Olax subscorpioides			
	VITACEAE			
068813	Cissus rufescens		*	
	RUTACEAE			
a 069201	Zanthoxylum zanthoxyloides			
b 069201	Fagara zanthoxyloides		*	2
	SIMARUBACEAE			
070101	Harrisonia abyssinica		1	2
	MELIACEAE			
071501	Khaya senegalensis			2
071701	Pseudocedrela kotschy	2	10	5
a 072009	Trichilia emetica			2
b 072009	Trichilia roka		5	6
	SAPINDACEAE			
073002	Allophylus africanus			1

Tableau II.13 - Végétation ligneuse des parcours agropastoraux soudano-sahéliens de Thyse Kayemor Sonkorong au Sénégal (Friot et Guerin - LNERV-ISRA/CIRAD-EMVT, 1993)

Coordonnées et situation géographique : latitude 13°45'N, longitude 15°40'O à 30 km à l'est de Nioro du Rip (sud de Kaolack).

Pluviosité : encadrée par les isohyètes 800 et 900 mm, la région n'a reçu en moyenne que 500 à 600 mm par an (juin à octobre) durant la décennie 1980-1990.

Caractérisation morphopédologique des paysages : la description de la végétation ligneuse s'appuie sur la carte morphopédologique à 1/20 000 d'Angé (1983) et sur la mise en culture (défrichement et rabattage annuel des ligneux au niveau du sol) des terres qui ressort de la couverture aérienne à 1/25 000 (IRAT, 1983). Angé (1985) distingue 20 formations morphopédologiques qu'il regroupe en trois catégories principales :

- formations de plateaux et terrasses ferrugineuses et cuirassées localement bordées de talus d'éboulis ; elles sont couvertes des pâturages résiduels, savanes arbustives ou arborées dégradées, en régression d'un quart depuis les années 1970 (formations 1 à 7) ;
- formations superficielles des glacis et terrasses de raccordement, cultivées pour l'essentiel (formations 8 à 11) ;
- formations alluviales de bas-fonds salées ou non (formations 12 à 17).

Méthodes : la très grande hétérogénéité morphopédologique qui ressort de la carte d'Angé 1983 (57 km²) se répercute sur la végétation et les mises en culture. La forte pression démographique et la culture attelée ont entraîné le défrichement de surfaces très fragiles qui, depuis, subissent une importante érosion hydrique.

La description de la végétation ligneuse, même très synthétique, avec pour objectif, de caractériser qualitativement le disponible fourrager des arbres et arbustes à la portée du cheptel de la communauté rurale, exige de distinguer les divers groupes de faciès fréquentés par les animaux.

Fontanel (1986) et Diatta (1988) ont procédé à l'étude phytosociologique et démographique des formations rencontrées sur les principales unités morphopédologiques ou de paysage. Guerin et Friot (1991), puis Friot (1993), se sont efforcés de quantifier les peuplements rencontrés par les animaux au cours de leurs déplacements. Pour cela, ils ont compté la totalité des ligneux (quelle que soit leur taille) sur des bandes de 10 mètres de large orientées suivant des transects correspondant aux principaux axes de déplacements des troupeaux. Les résultats correspondent à une surface totale de 17.7 ha représentant 0.3 p.100 de la surface décrite par la carte d'Angé (1983). Ils ont été regroupés suivant les principales catégories décrites ci-dessus. Les subligneux et arbustes sont, suivant les types de parcours, au nombre de 4 166 à 7 900 par hectare en moyenne avec une très grande variabilité entre les parcelles (cf. écarts types). Les arbres sont peu nombreux : 10 à 50 par hectare en moyenne.

Cette description synthétique et sommaire ne rend pas compte de l'importance relative des productions fourragères des espèces ligneuses. Le nombre des espèces et la densité des peuplements nécessiteraient des mesures très nombreuses dont l'utilité est peu probable. En revanche, la connaissance des préférences alimentaires du cheptel, l'identification des espèces envahissantes ou menacées, les aménagements agroforestiers peuvent justifier, pour quelques espèces, une approche quantitative de la production fourragère.

Types de parcours	Parcours de savanes arbustive ou arborée sur plateaux, terrasses et éboulis de cuirassés ferrugineux	Parcours de jachères et post culturaux sur terrasses et glacis de raccordement non cuirassés	Parcours boisés des bas fonds alluviaux non cuirassés ni salés
Formations décrites par Angé (1983) (carte 1)	1 à 7	8 à 11	12 à 17
S en % du terroir	41	40	18
Surfaces couvertes par les inventaires de chaque catégorie en % des surfaces totales inventoriées	38	46	16
Densité de population	26	38	17
. N nombre de relevés	max. : 28 100	max. : 13 200	max. : 15 400
. des subligneux, buissons et arbustes (P = N/ha)	x = 7 900 min. : 2 100 e.t. : 6 100	x = 4 700 min. : 100 e.t. : 3 700	x = 4 100 min. : 900 e.t. : 3 600
. des arbres (P' = N'/ha)	max. : 13 x' = 14 min. : 0 e.t. : 28	max. : 46 x' = 6 min. : 0 e.t. : 12	max. : 468 x' = 104 min. : 0 e.t. : 133

Tableau II.13 - (suite)

Proportion des espèces ligneuses par rapport aux populations PI		Parcours de savanes arbustive ou arborée sur plateaux, terrasses éboulis de cuirasses ferrugineuses	Parcours de jachères et post culturales sur terrasses et glacis de raccordement non cuirassés	Parcours boisés des bas-fonds alluviaux
Code	Espèce	PI	PI	PI
051706	Faidherbia albida	+		+
051707/08	Acacia macrostachya/ataxacantha	3	4	1
051715	Acacia seyal	+	+	1
032901	Adansonia digitata	+	+	+
051801	Albizia chevalieri	+	+	+
074801	Anacardium occidentale		+	
002503	Annona senegalensis	+	2	5
028201	Anogeissus leiocarpus	1	1	+
072601	Azadirachta indica	+	+	1
087107	Baobab multiflora			+
036302	Balanites aegyptiaca			+
033002	Bombax costatum	+	+	+
089301	Calotropis procera			
045108	Cassia sieberiana	+	1	1
027635	Combretum aculeatum	+	+	+
027609	Combretum glutinosum	37	30	34
027632	Combretum lecardii	1	+	+
027616	Combretum micranthum	3	+	1
027608	Combretum nigricans	27	4	+
071103	Cosmiphora africana	+	+	
044501	Cordia pinnata	+	1	2
092001	Crossopteryx febrifuga	+	3	+
045801	Detarium microcarpum	+	+	+
051101	Dichrostachys cinerea	1	1	3
079721	Diospyros mespiliformis		1	4
072101	Ekebergia senegalensis		+	+
050604	Entada africana	+	+	+
025110	Eucalyptus sp	+	+	+
094901	Feretia apodanthera	6	2	4
061400	Ficus sp	+		+
061450	Ficus dekdekena			
061439	Ficus platyphylla			
093400	Gardenia sp	+	+	
030417	Grewia tenax	2	2	
027901	Guiera senegalensis	4	1	+
070403	Hannoa undulata	+	+	+
001802	Hexalobus monopetalus	1	+	+
037703	Hymenocardia acida	+	+	
064701	Icacina oliviformis	+	17	21
075507	Lannea acida	+	+	+
075505	Lannea velutina	+	+	+
053903	Lonchocarpus laxiflorus			+
007203	Maerua angolensis	+		
007204	Maerua oblongifolia	+	+	
063502	Maytenus senegalensis	+	+	
095901	Mitragyna inermis	+	+	1
008101	Moringa oleifera			+
043508	Neocarya macrophylla			+
120101	Newbouldia laevis			1
075902	Ozoroa insignis	6	8	
049901	Parkia biglobosa		+	
094505	Pavetta oblongifolia	+		
044101	Piliostigma reticulatum	+	4	6
044102	Piliostigma thonningii	+	3	4
050801	Prosopis africana			+
053305	Pterocarpus erinaceus	+	+	+
075301	Sclerocarya birrea	+	1	1
009702	Securidaca longepedunculata	2	2	4
038001	Fluggea virosa	+	+	1
075001	Spondias mombin			
032501	Sterculia setigera	+		
119801	Stereospermum kunthianum	+	+	+
086303	Strophantus sarmentosus			+
082801	Strychnos spinosa	+	+	+
048501	Tamarindus indica			+
028010	Terminalia avicennioides	+	2	+
028004	Terminalia macroptera	+	1	+
126509	Vitex madriensis	+	1	
053801	Xeroderris stuhlmannii	+		
065701	Ximenia americana	+		
068202	Ziziphus mauritiana	+	2	2
068204	Ziziphus mucronata	+		+

Tableau II.14 - Végétation arbustive et arborée des formations sahélo-soudaniennes de la forêt classée de Tienfala (d'après Anna Rejane Kone, Mohamed Idriss Cissé, Lassine Diarra avec la collaboration de Lassine Coulibaly et de Amadou Yoro

Coordonnées géographiques : latitude 12 43'N ; longitude 7 45'O

Pluviosité : 400 à 600 mm de juin à octobre

Types de végétation et de sols : Maïga (1988) répartit les sols de cette forêt classée de 3 000 hectares en quatre classes : sols minéraux bruts sur cuirasse ferrugineuse ; sols peu évolués sur matériaux gravillonnaires ; sols à sesquioxydes ; sols hydromorphes sur alluvions diverses.

La carte au 1/25 000 de l'Institut Géographique National (Bamako) distingue de nombreux faciès se caractérisant par la physionomie de la végétation et les espèces dominantes :

- galerie forestière,
- forêt claire et savane boisée à Pterocarpus erinaceus, Isoberlinia doka et Bombax costatum,
- savane arbustive à Combretum, Detarium et Terminalia.

Certaines espèces comme Anogeissus leiocarpus, Khaya senegalensis, Azizelia africana et Daniellia oliveri constituent ponctuellement des peuplements importants.

Méthode : Les six formations les plus représentatives de la forêt ont été étudiées ; elles sont caractérisées par les espèces dominantes. Deux autres formations fréquentées par les animaux en saison sèche ont été retenues : celle du lit du fleuve et un verger de karité en jachère.

La densité de peuplement a été déterminée sur chacune des huit formations par comptage sur des surfaces circulaires (une par formation) comprise entre 1/8 d'hectare et 1 hectare suivant la densité (effectif minimal = 10 individus). Tous les individus d'une taille supérieure à 0,25 mètre ont été dénombrés en distinguant les arbres, les arbustes et les buissons.

Le recouvrement pourrait être déduit de la surface des houppiers calculée à partir de leurs diamètres extrêmes qui ont été mesurés.

Les autres mensurations ont servi au calcul de la production foliaire par des relations d'allométrie. Les variations saisonnières de la biomasse foliaire totale ont été calculées par application du taux mensuel de feuillaison déterminé par la méthode des branchettes calibrées. La biomasse foliaire totale a été corrigée pour son accessibilité en ne retenant que la production des arbres et arbustes d'une taille inférieure à 2 mètres.

La mesure mensuelle et l'état de feuillaison pendant une année étaient associés à une caractérisation du stade phénologique et à un échantillonnage des feuilles pour analyse.

Tableau II.14 - (suite 1)

		Savane boisée à <i>Bombax costatum</i>			Savane arbustive ouverte à <i>Combretum glutinosum</i>			Savane arbustive sur cuirasse à <i>Combretum nigricans</i>			Savane boisée à <i>Pterocarpus</i> <i>erinaceus</i>			Savane boisée à <i>Terminalia</i> <i>avicennnoides</i>			Verger de karité en jachère		
Densité de population (P = N/ha)		9536			21361			9868			14238			9251			5296		
Recouvrement (R = % superficie)																			
Biomasse foliaire totale (Kg/ha)																			
. maximum (août à octobre)		884			292			433			307			271			327		
. minimum (février à avril)		4			18			2			32			12			24		
Biomasse foliaire accessible (Kg/ha)																			
. maximum (août à septembre)		51			153			91			85			31			15		
. minimum (mars)		3			10			1			4			1			1		
Proportion des espèces ligneuses par rapport à la population (XP), à la biomasse foliaire maximale totale (XBM) et à la biomasse foliaire maximale accessible (XBMA)		XP	XBM	XBMA	XP	XBM	XBMA	XP	XBM	XBMA	XP	XBM	XBMA	XP	XBM	XBMA	XP	XBM	XBMA
001802	<i>Hexalobus monopetalus</i>	4			+			2			2			+					
002503	<i>Annona senegalensis</i>										1			2			+		
007402	<i>Cadaba farinosa</i>																+		
007501	<i>Crateva adansonii</i>										+						+		
007902	<i>Boasia angustifolia</i>																		
007903	<i>Boasia senegalensis</i>																		
009702	<i>Securidaca longepedunculata</i>										2	1	2	8	8	24			
027607	<i>Combretum molle</i>	2	7	11	7	2	1	+	24	6	3	20	22	1	1	48			
027608	<i>Combretum nigricans</i>	29	39	16	5	8	9	22	77	76	1	1	1	1	1	10			
027609	<i>Combretum glutinosum</i>	9	24	37	19	56	78				1	7	1	2	5		31	7	76
027610	<i>Combretum fragrans</i>							6	9	23									
027616	<i>Combretum micranthum</i>	2		1				9	6	11	2						1		
027632	<i>Combretum lecardii</i>										+			+			25		1
027701	<i>Pteleopsis suberosa</i>				2		1				+			7	1	8			
027901	<i>Guiera senegalensis</i>	12	24	29	11	25	25	4	43	73	11	6	10	15	28	68	2	43	3
028004	<i>Terminalia macroptera</i>	+			1	2	5				1	1	3	1	2	2			
028010	<i>Terminalia avicennnoides</i>										+	2	4	4	23	10	4	1	20
028201	<i>Anogeissus leiocarpus</i>													1					
029204	<i>Paorosperrum glaberrimum</i>													+					
030410	<i>Grewia mollis</i>				6	5	3	6	2	6	14	2	7	11	4	5	+	1	1
030411	<i>Grewia bicolor</i>							1	1	2									
030415	<i>Grewia flavescens</i>																		
033002	<i>Bombax costatum</i>	6	88		+			+	12		1	43		+	5				
036302	<i>Balanites aegyptiaca</i>																		
037703	<i>Hymenocardia acida</i>										+			2			+		
038001	<i>Securinega virosa</i>	9			11	2	1				4	1	3	7	1	3	31	62	4
044101	<i>Piliostigma reticulatum</i>				1						1			2					
044102	<i>Piliostigma thonningii</i>																		
044501	<i>Cordyla pinnata</i>	5	15	22	1	6		+	3		1			1	2	24			
045108	<i>Cassia sieberiana</i>				1			+			+			+			1		

Tableau II.14 - (suite 2 et fin)

		Savane boisée A Bombax costatum			Savane arbustive ouverte A Combretum glutinosum			Savane arbustive sur cuirasse A Combretum nigricans			Savane boisée A Pterocarpus erinaceus			Savane boisée A Terminalia avicennioides			Verger de karité en jachère		
		XP	XB	XBMA	XP	XB	XBMA	XP	XB	XBMA	XP	XB	XBMA	XP	XB	XBMA	XP	XB	XBMA
045801	Detarium microcarpum	1		1	7	6	2	+			7	6	10	6	24	10			1
045802	Detarium senegalense													1		3			
046005	Cynometra vogelii																		
046301	Azella africana										+			+					
046501	Daniellia oliveri													1	3	1			
048501	Tamarindus indica																+		
049501	Burkea africana				+			1		1	1	4	1	2	8				
049901	Parkia biglobosa																		
050604	Entada africana							+			1			+					
050606	Entada wahlbergii																		
050801	Prosopis africana	1	5		1	6					3	6	2	1	3				
051101	Dichrostachys cinerea	4		1	1		1	9	2	5	11	3	3	3	1	5			
051301	Leucaena leucocephala																		
051502	Mimosa pigra																		
051707	Acacia macrostachya	7	60	59	7	44	32	3	39		2			4					
051708	Acacia ataxacantha							1											
051715	Acacia seyal																		
051718	Acacia erythrocalyx							+											
052402	Pericopsis laxiflora										3			1			+		
053301	Pterocarpus lucens	+			1			1	69	2	+			+					
053304	Pterocarpus santalinoides																		
053305	Pterocarpus erinaceus	1	1	1	2	1	1		7	12	4	70	88	2	6	15			
061407	Picus sur Forsk																		
061410	Picus aycomorus var gnapha.																		
063502	Maytenus senegalensis				1			31			1			3	4	14			
065701	Ximenia americana	1	1	2	1	4	5				1	5		3	32	8			
068202	Ziziphus mauritiana				+	7								+	15		+	13	
068204	Ziziphus mucronata																+		
071501	Khaya senegalensis										+								
071701	Pseudocedrela kotschyi										+								
075301	Sclerocarya birrea				3	13					1	1	1	+	8				
075505	Lannea velutina							1						+			+		
075507	Lannea acida	+			+			+			1								
075510	Lannea microcarpa										+			+					
075902	Ozoroa insignis				+						1			+					
079721	Diospyros mespiliformis			2							+								
080901	Vitellaria paradoxa				2	9	2				+	18		1	7	5	+	98	
082801	Strychnos spinosa	1		1	2	1	2				3	1	2	2	3		2		2
084602	Saba senegalensis										1								
087107	Baissa multiflora										6								
089301	Calotropis procera																1		
091202	Leptadenia hastata																		
092001	Crossopteryx febrifuga	3	7	16	7	2	4							2	5	9			
093406	Gardenia ternifolia							+			+								
093407	Gardenia erubescens				2			1			+								
094901	Perettia apodanthera	2						1	1	1				4	1	11	+		1
095901	Mitragyna inermis																		
096201	Nauclea latifolia																		
097227	Keetia cornelia																		
112401	Rotula aquatica																		
126509	Vitex madiensis										7		1	2		1	+		
126512	Vitex chrysocarpa																		

Tableau II.15 - Végétation ligneuse des steppes arbustives du ranch de Niono à la limite sud du Sahel malien (Kassambara, Tounkara, Cissé, 1993 - IER)

Coordonnées géographiques : latitude 14° 30' N ; longitude 5° 45' O

Pluies : 300 à 600 mm de juin à septembre.

Types de végétation et de sols : les formations sur sols sableux, limoneux ou argileux sont dominées par Sclerocarya birrea, Combretum ghasalense, Acacia seyal, Pterocarpus lucens, Anogeissus leiocarpus et Mitragyna inermis en proportions variables suivant la texture du sol, la situation topographique et l'hydromorphie. Neuf formations pures et sept mosaïques sont décrites par Hiernaux et al., 1978.

Méthodes : Les relevés ont été répartis sur des transects de 1 km traversant des formations sableuses sur dunes et argileuses ou limoneuses dans les dépressions. Des surfaces circulaires d'un quart d'hectare sur sols argileux ou limoneux, d'un hectare sur sols sableux, ont été définies tous les 200 m, soit 6 parcelles par formation. Dans chacune d'elle les ligneux ont été dénombrés par souche et par tige en distinguant les buissons, les arbustes et les arbres et en constituant des classes de circonférence pour étudier la dynamique des peuplements. Les individus morts et broutés ont été comptés.

La biomasse foliaire par espèce et par formation a été calculée à partir des mensurations des individus répertoriés dans les surfaces circulaires par application de relations d'allométrie (tableau II.2 - ci-dessus).

Les variations mensuelles des disponibilités fourragères ont été quantifiées par mesure de la biomasse foliaire de 10 branchettes calibrées sur 10 individus de chaque espèce.

Commentaires :

- Steppe arbustive sur recouvrement sableux

Les 93 souches de buissons correspondent à 198 cépées à l'hectare assurant un recouvrement moyen de 4 p.100 de la surface totale ; la biomasse a été calculée sur les 198 cépées et s'élève à 42 kg à l'optimum de la végétation (septembre). La contribution de Commiphora africana à cette biomasse est faible bien que cette espèce représente 17 p.100 du peuplement ; cela s'explique par la feuillaison de Commiphora qui même en pleine feuillaison, présente de très petites feuilles ; de plus Commiphora sur cette formation est surtout constitué de sujets jeunes ou rabougris. Sur cette formation, la perte des feuilles commence dès novembre et la biomasse passe de 42 kg à 8 kg en février pour devenir minimale en avril.

- Steppe arbustive sur dépressions argileuses.

Sur cette formation dont le recouvrement moyen est de 4,4 p.100, la biomasse fournie est d'environ 101 kg de MS/ha à l'optimum de la végétation (septembre). La défoliation commence dès novembre, la biomasse diminue rapidement pour s'annuler vers avril-mai.

- Steppe arborée sur bas-fonds limono-argileux

La densité moyenne sur cette formation est de 1 234 tiges à l'hectare ; cette population est essentiellement constituée de jeunes sujets (les 2/3 se trouvent dans les classes de circonférence 2,5 à 7,5 cm). La biomasse est très élevée sur cette formation du fait de l'hydromorphie temporaire, la plupart des ligneux restent feuillus pendant la majeure partie de l'année. La contribution dans la biomasse de Combretum gazhalense est très élevée du fait que les individus sur cette formation sont de grands sujets (classes de circonférence 55 et 90 cm) ; il en est de même pour Acacia senegal (classe de circonférence 25 à 65 cm) et Sclerocarya birrea (classe de circonférence 100 cm). Le recouvrement n'a pas été calculé pour cette formation.

Tableau II.15 - (suite)

	Steppe arbustive sur recouvrement sableux dunaire à <u>Sclerocarya birrea</u> et <u>Acacia seyal</u>			Steppe arbustive sur dépression argileuse fossile à <u>Pterocarpus lucena</u>			Steppe arborée sur sol limono-argileux hydromorphe à <u>Acacia seyal</u>	
Densité (Nbre souches/ha)	93			1 196			1 234	
Recouvrement (R : % superficie)	3,4			4,4			-	
Biomasse foliaire totale (kg/ha)								
- maximum (octobre)	42			101			873	
- milieu de saison sèche (janvier)	8			26			197	
- minimum (fin saison sèche)	1			0,2			68	
Proportion des espèces ligneuses par rapport à la population (% P), au recouvrement ligneux (%R), à la biomasse foliaire maximale totale (%BM)	%P	%R	%BM	%P	%R	%BM	%P	%BM
<u>Leptadenia hastata</u>	25	*						
<u>Commiphora africana</u>	17	15	3				1	1
<u>Acacia senegal</u>	12	22	60				2	16
<u>Acacia seyal</u>	10	25	5				42	12
<u>Combretum ghasalense</u>	10	11	9				*	15
<u>Balanites aegyptiaca</u>	6	6	16				5	16
<u>Guiera senegalensis</u>	9	13	2			1	13	13
<u>Pterocarpus lucena</u>				75	44	70	12	14
<u>Ferethia apodanthera</u>				7	7	8		
<u>Combretum micranthum</u>				4	17	9	3	1
<u>Grewia bicolor</u>				5	22	10	4	*
<u>Combretum aculeatum</u>	1	3	*	4	5	1	3	3
<u>Ziziphus mauritiana</u>	2	*	*				13	15
<u>Sclerocarya birrea</u>	3	14	*				*	8
<u>Boasia augustifolia</u>				2	*			
<u>Antiaris africana</u>	1							
<u>Calotropis procera</u>	2	*						
<u>Grewia flavescens</u>				*				
<u>Dichrostachys glomerata</u>				*	*	*	*	
<u>Cadaba farinosa</u>				*	2		*	
<u>Lannea acida</u>				*	2		*	
<u>Bombax costatum</u>								
<u>Entada africana</u>		1						

Tableau II.16 - Végétation ligneuse des steppes arbustives du centre de Recherche zootechnique de Dahra en région sahélienne sylvopastorale au Sénégal sur le dispositif du projet n° 135/EEC - TS2* 0075 - IRL (EDB) et en collaboration avec celui-ci (Tounkara, 1991)

Coordonnées géographiques : latitude 15°23'N ; longitude 15°5'O

Pluviosité : 330 à 530 mm de juillet à septembre

Types de végétation et de sols : steppes arbustives plus ou moins denses sur dunes sableuses et dépressions argileuses

Méthodes : Description de la végétation ligneuse en fin de saison sèche sur 5 parcs contigus couvrant au total 130 ha à partir de parcelles échantillons constituées de "bandes transects" de 20 m de large réparties le long des diagonales et de la toposéquence la plus représentative de chaque parc. Ces bandes représentent 3 à 8 p.100 de la surface de chaque parcelle et les mesures qui y sont faites sont regroupées en fonction de la situation topographique (replat, versant dunaire et dépression).

Les densités de peuplement ont été déterminées par comptage direct.

Le recouvrement et la biomasse foliaire maximale (octobre) ont été déterminés par les mesures de mensuration sur 30 individus des 7 espèces principales répartis systématiquement le long des transects.

La pression d'exploitation en fin de saison sèche a été caractérisée par la limite supérieure de broutage mesurée sur 12 individus des 7 principales espèces et par la mesure des diamètres des sections consommées par les bovins, les ovins ou les caprins sur 6 branchettes des mêmes arbres.

L'état de feuillaison des strates exploitées et non exploitées a été caractérisé par la biomasse foliaire de 6 rameaux calibrés sur les mêmes individus. De plus, les mesures de densités foliaires (nombre de feuilles par unité de longueur) et des mensurations des feuilles (surface et poids de 50 feuilles par strate) des deux strates avaient pour but d'étudier l'effet du broutage sur la croissance foliaire en saison sèche.

Résultats : Les densités de peuplements sont comprises entre 89 et 313 sujets par hectare suivant les parcs et entre 99 et 406 en moyenne suivant la situation topographique. Les proportions des espèces varient suivant les parcelles et les situations topographiques (fig.a). Les proportions calculées suivant, soit la densité et le recouvrement (fig.b), soit la biomasse foliaire maximale ne sont pas identiques.

Le diamètre des extrémités des rameaux consommés est compris entre 2 et 3 mm. Il varie peu suivant l'espèce animale ou la charge.

Le taux de feuillaison des rameaux calibrés, c'est-à-dire le rapport entre la biomasse foliaire de fin de saison des pluies (données bibliographiques) et celle de fin de saison sèche, est fonction de l'espèce animale et végétale, de la strate, exploitée ou non, de la parcelle et finalement de la pression de broutage.

La disponibilité fourragère ligneuse des 6 espèces principales (45 à 89 p.100 des peuplements) était comprise en fin de saison sèche entre 8 et 25 kg de matière sèche par hectare suivant les parcelles. La charge animale étant connue, il a été possible de calculer une pression de broutage comprise entre 0.2 et 1.1 kg de poids métabolique animal (poids vif ^{0.75}) par kg de matière sèche fourragère ligneuse (tableau II.12).

Tableau II.16 - (suite 1)

Figure a - Proportion des espèces les plus représentatives du peuplement ligneux suivant la topographie (en p.100 du peuplement)

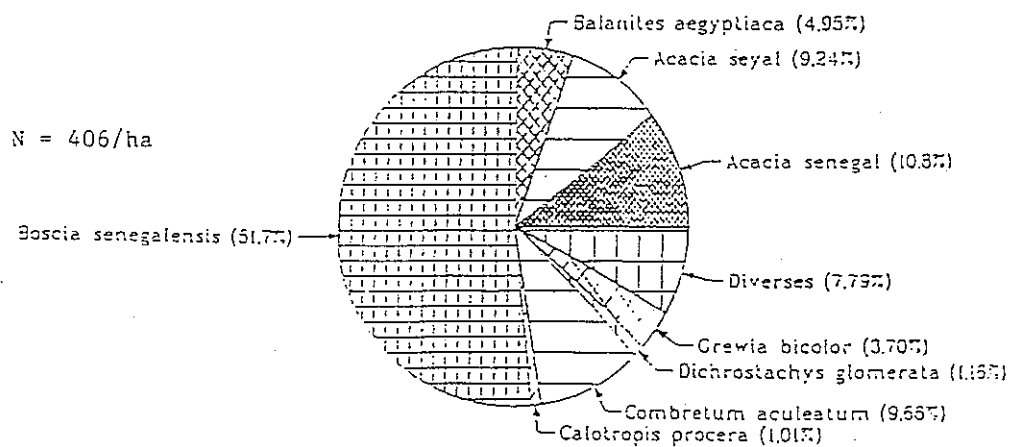
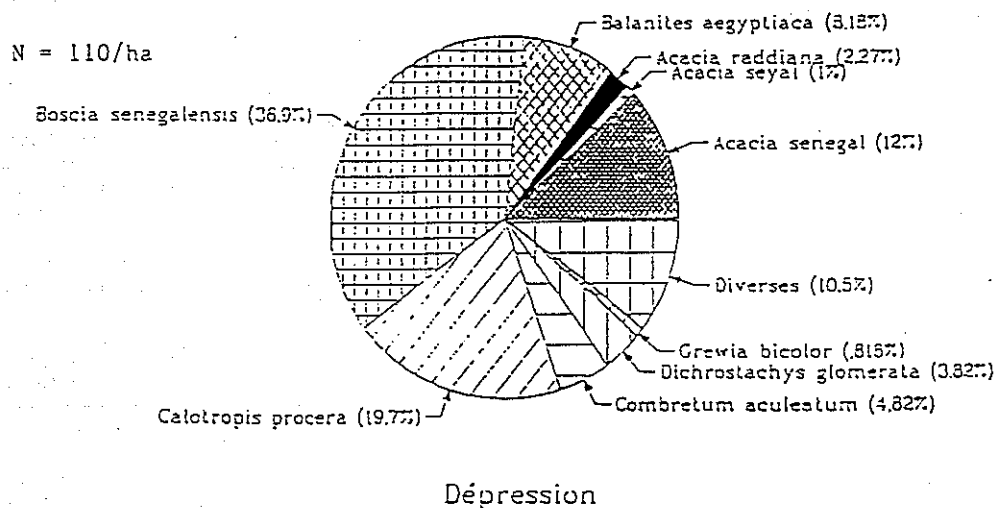
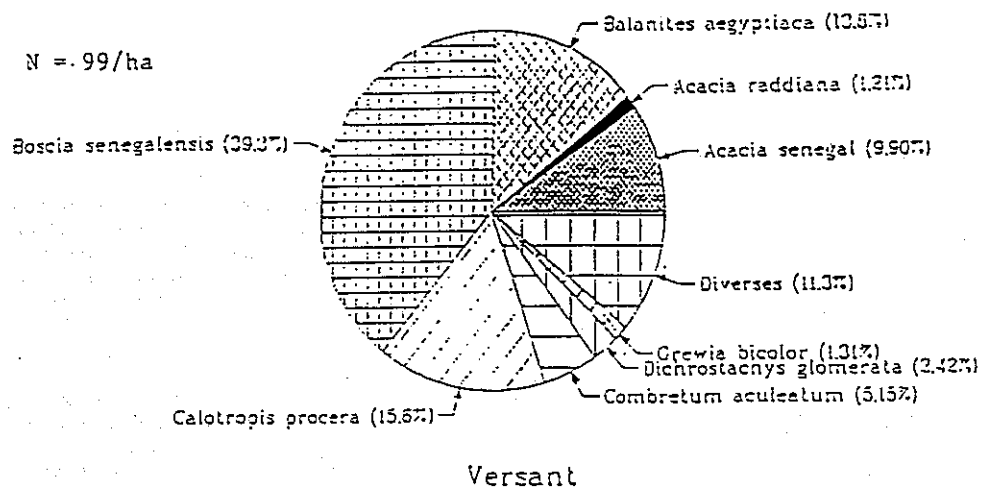
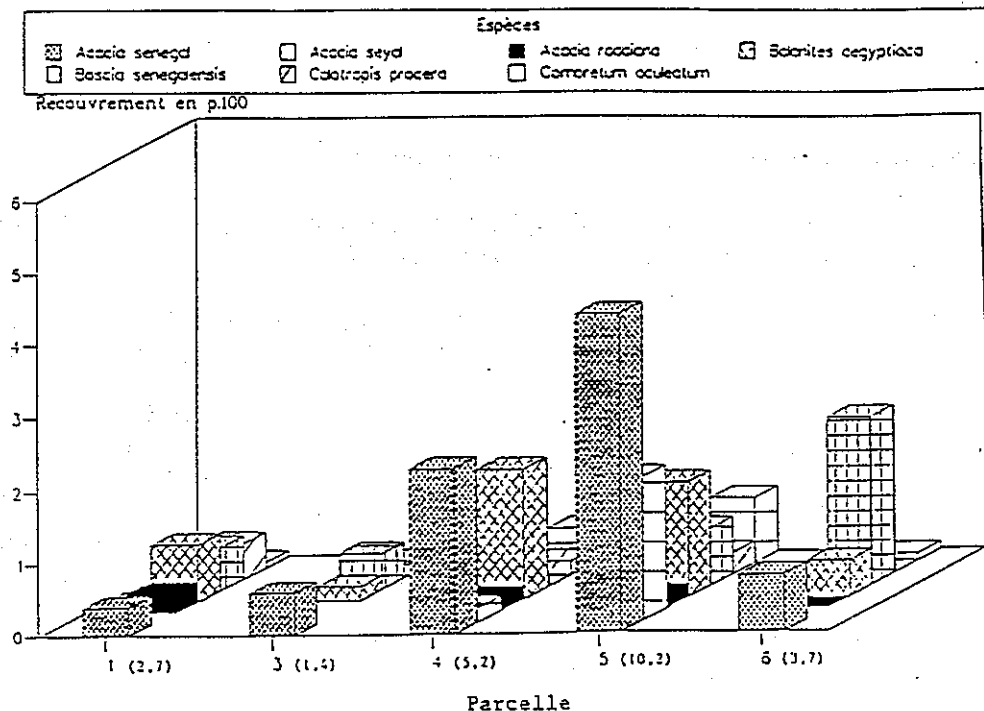


Tableau II.16 - (suite)

Figure b - Recouvrement global de 7 des espèces principales en p. 100 de la surface de chaque parcelle

Tableau c - Estimation à partir des densités de peuplement et des estimations de biomasse foliaire individuelle (moyennes) de la disponibilité fourragère ligneuse (kg/MS/ha) et de la pression de broutage (kg P^{0.75}/kg MS) en début de saison sèche

$$\text{Pression de broutage} = \frac{\text{Poids vif (kg P}^{0.75}\text{)}}{\text{biomasse foliaire (kg MS)}}$$

Espèces	Parcelle - Espèce - Charge				
	1 B f	3 O f	4 O F	5 C f	6 C F
Biomasse foliaire kg MS/ha					
Acacia senegal	1,3	1,6	5,2	7,8	2,8
Acacia seyal			2,4	1,7	
Acacia raddiana	0,8		1,1	0,5	
Balanites aegyptiaca	1,4	4,2	2,7	4,4	1,3
Boscia senegalensis	8,1	6,3		9,2	2,3
Combretum aculeatum	1,1	1,1	6,4	1,4	1,4
Total des 6 espèces (1)	12,7	13,7	17,8	25,0	7,3
Pression de broutage (1)	0,9	1	1,4	0,5	5

B : bovin

O : ovin

C : caprin

f : charge faible

F : charge forte

(1) Remarque : Ces calculs ne concernent que 6 espèces qui représentent entre 45 et 89 p.100 du peuplement suivant les parcelles. Les résultats correspondent donc à une estimation par défaut des disponibilités fourragères ligneuses. Ils pourraient être corrigés par des informations complémentaires sur les autres espèces.

Tableau II.17 - Végétation ligneuse des steppes arbustives de Bachoum et Karderî dans la région sahélienne de Massakory au Tchad (Ickowicz et Dassering - LRVZ - Farcha, 1993 et Ickowicz, 1994)

Coordonnées et situation géographique : latitude : 12°46'N à 13°10'N ; longitude : 15°41' à 15°45'E (région de Massakory)

Pluviosité : 350 à 450 mm de mai à octobre

Types de végétations et de sols : 7 types principaux de steppes arbustives sur sols sableux à limono-sableux dont 4 étudiés :

- Bachoum 1 - Steppe arbustive sur sols sableux légers remaniés de plaine sédimentaire à Acacia senegal et Balanites aegyptiaca
- Bachoum 2 - Steppe arbustive sur sols sablo-argileux plus ou moins hydromorphes à Acacia seyal et Ziziphus mauritiana
- Bachoum 3 - Steppe arbustive à arborée non épineuse sur sols sableux plus ou moins compacts à Anogeissus leiocarpus et Sclerocarya birrea

Karderî - Steppe peu ou pas arbustive sur sol sableux des plateaux dunaires à Leptadenia pyrotechnica et Acacia raddiana

Méthodes : Détermination de la densité de peuplement par comptage direct sur des parcelles échantillons de 1 ha circulaire ou par estimation par application de la méthode du plus proche individu (PPI) ou celle du quadrat centré sur point (QCP).

Recouvrement, volume de houppier et biomasse foliaire maximale (octobre) déterminés par les mesures de mensuration sur les 80 arbres ou arbustes échantillonnés par la méthode du QCP et en appliquant les relations d'allométrie ; mise au point de relations d'allométrie pour Calotropis procera (tableau II.4).

Etude qualitative des variations des disponibilités fourragères ligneuses par le suivi phénologique bimestriel de 10 individus des 12 principales espèces (*) sur chacune des 4 formations étudiées.

Etude quantitative des variations des disponibilités fourragères ligneuses totales par mesures bimestrielles de la biomasse foliaire de 4 branchettes calibrées de 5 individus de 12 espèces (20 branchettes par espèce(**) et par site).

Calcul de la biomasse fourragère accessible en hauteur et en profondeur, au cheptel pour chaque espèce ligneuse et pour chaque site. Variations bimestrielles.

Tableau II.17 - (suite)

Résultat : Proportion des espèces ligneuses par rapport à la population (IP), au recouvrement ligneux (IR) et à la biomasse foliaire accessible maximale (IBAM) sur les 4 sites.

FORMATIONS		BACHOUM 1			BACHOUM 2			BACHOUM 3			KARDERI		
Nombre de ligneux par hectare		133	8		128	3		48	3		211	22	
Taux de recouvrement des couronnes %				107		37				268			477
Biomasse foliaire maximale totale (1)				26		20				34			14
Biomasse foliaire maximale accessible (1)													
Code	Famille / Espèce	IP	IR	IBAM	IP	IR	IBAM	IP	IR	IBAM	IP	IR	IBAM
044001	CAESALPINIACEAE Légumineuse <i>Bauhinia rufescens</i>	-						-					
051702	MIMOSACEAE Légumineuse <i>Acacia laeta</i>				5	33	8						
051703	<i>Acacia senegal</i>	10	35	-				6	18	-	4	10	-
a 051706	<i>Faidherbia albida</i>										1	18	3
b 051706	<i>Acacia albida</i>												
a 051713a	<i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>raddiana</i>							-			11	4	21
b 051713a	<i>Acacia raddiana</i>												
051712	<i>Acacia nilotica</i>				-								
051715	<i>Acacia seyal</i>	-			1	-	-	-					
053110	FABACEAE Légumineuse <i>Dalbergia melanoxylon</i>	-			1	-	-	-					
007201	CAPPARIDACEAE <i>Maerua crassifolia</i>										-		
007301	<i>Capparis decidua</i>	11	22	-	16	39	-	13	11	-			
007306	<i>Capparis corymbosa</i>	-						-					
007402	<i>Cadaba farinosa</i>	-			-			-			-		
007903	<i>Boscia senegalensis</i>	18	4	33	66	21	73	45	8	26			
030410	TILIACEAE <i>Grewia mollis</i>	-			-			-					
036302	ZYGOPHYLLACEAE <i>Balanites aegyptiaca</i>	-			1	-	1	6	12	1	30	48	63
065401	SALVADORACEAE <i>Salvadora persica</i>	1	13	31	3	4	13	6	35	10			
068202	RHAMNACEAE <i>Ziziphus mauritiana</i>	-			-			1	-	-	3	8	11
071103	BURSERACEAE <i>Commiphora africana</i>	1	1	1				1	-		1	2	1
075502	ANACARDIACEAE <i>Lannea humilis</i>	3	4		-			1	6				
089301	ASCLEPIADACEAE <i>Calotropis procera</i>	48	14	34	4	2	5	18	4	3	-		
a 091201	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	-									50	10	-
112510	BORAGINACEAE <i>Cordia sinensis</i>	5	7	1	3	-	-	1	5	-			
141801	ARECACEAE <i>Hyphaene thebaica</i>	4	1		-			1	-		-		

(1) : en kg de MS par hectare

- : espèce rare: IP < 12

IP : effectifs en p.100 de peuplement

IR : recouvrement en p.100 de la surface de projection des couronnes

IBAM : en p.100 de la biomasse maximale accessible

BIBLIOGRAPHIE

- ANGE (A.) - 1985. Stratification des paysages agraires pour l'identification des contraintes à la production agricole, la mise au point et l'essai de solutions techniques. In: Actes de l'atelier "La recherche agronomique pour le milieu paysan" ISRA/D. Systèmes. Nianing 5-11 mai 1985 + carte morphopédologique de Thyssé-Kaymor Sonkorong.
- BILLE (J.C.) - 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème Trav. et doc. ORSTOM n° 65. Paris, ORSTOM. 82 p.
- BODJI N'GUESSAN (C.), KORE (R.), N'GUESSAN (A.) - 1992. Projet CEE : Etude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. Rapport d'activité (1er semestre 1992). Bouaké, IDESSA. 27 p.
- BODJI N'GUESSAN (C.), KORE (R.), N'GUESSAN (A.) - 1993. Projet ST2/215 - Rapport final. Document de travail. Bouaké IDESSA.
- CESAR (J.) - 1984. Les pâturages du Foro-Foro. Note technique n° 05/84-Opération 1211. 19 p.
- CISSE (M.I.) - 1980. Effets de divers régimes d'effeuillage sur la production foliaire de quelques buissons fourragers dans la zone soudano-sahélienne. In: C.r. Colloque international CIPEA : fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances. Addis Abeba 8-12 avril 1980. Le Houerou éd. : p. 209-212.
- CISSE (M.I.) - 1990. Les méthodes de suivi des variables fourragères du peuplement ligneux des parcours sahéliens. In: C.r. Atelier sur les méthodes de suivi au sol des ressources pastorales et de leur gestion. Bamako, 11-16 juin 1990. INRZFH/DNE/CIPEA 1990 - 10 p.
- CISSE (M.I.) - 1991. Relevé du peuplement ligneux et évaluation du potentiel fourrager aérien des parcours. Document de travail.
- CISSE (M.L.), SACKO (B.) - 1987. Etude statistique de la liaison de la biomasse foliaire et des paramètres physiques chez quelques espèces sahéliennes. CIPEA Programme des zones arides et semi-arides. Bamako; 1987. 107 p.
- DIATTA (M.) - 1988. Caractérisation morphodynamique des faciès forestiers de la communauté rurale de Thyssé-Kayemor (Sine Saloum). Mémoire de confirmation. Direction des Recherches sur les Productions Forestières. Dakar, ISRA. 64 p. + annexes.
- FONTANEL (P.) - 1986. Prolongement des recherches malherbologiques et phytoécologiques au Sine Saloum, Sénégal - ISRA/IRAT - DSP/86/N° 19 : 48 p.

- GAYE (C.S.) - 1989. Dynamique des parcours sahéliens du Gourma. Rapport de mission au Mali. Avril 1989.
- GASTON (A.), BOERWINKYEL - 1982. Essai de méthode de suivi continu du couvert ligneux. PISCEPS, Dakar, FAO, Rome. 61 p.
- GOUNOT (M.) - 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Paris, Masson. 314 p.
- GROUZIS (M.), SICOT (M.) - 1980. Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes : influence de quelques facteurs écologiques. In: LE HOUEROU (H.N.) éd. - Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Ababa (Ethiopia). 8-12 août 1980. CIPEA, p. 231-237.
- GUERIN (H.), FRIOT (D.) - 1991. Alimentation des ruminants domestiques sur parcours agropastoraux sahélo-soudaniens : cas de la communauté rurale de Thyssé Kayemor Sonkorong au sud du Bassin Arachidien (Sénégal) - CIRAD/IEMVT-LNERV/ISRA. 39 p. + annexes.
- GUINOCHET - 1973. Phytosociologie. Paris, Masson. 227 p.
- HIERNAUX (P.) - 1978. Carte de végétation du ranch d'embouche de Niono. Mali au 1/25 000.
- HIERNAUX (P.), DIARRA (L.), MAIGA (A.) - 1990. Dynamique de la végétation sahélienne après sécheresse. Un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1969. Sous-projet : tendances pastorales. Document de travail - CIPEA. Bamako. 30 p.
- HIERNAUX (P.), DE LEEUW (P.N.), DIARRA (L.) - 1992. Dynamique de la végétation sahélienne après la sécheresse : un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1991 - sous projet "Tendances pastorales". CIPEA. Bamako (Mali). Document de travail 001/92 : 48 p + annexes.
- ICKOWICZ (A.), DASSERING - 1993. Rapport final du projet ST2/215 - document de travail - LRVZ de Farcha - N'Djamena, Tchad.
- ICKOWICZ (A.) - 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse d'Université Paris XII (en cours de publication).
- KASSAMBARA (I.), TOUKARA (B.) - 1993. Rapport final du projet ST2/215 - document de travail - SRZ de Niono - IER - Mali.
- KONE DEMBELE (A.R.) - 1993. Rapport final du projet ST2/215 - document de travail - SRZ de Sotuba - IER - Mali.
- KOUONMENIOC (J.) - 1990. Les ligneux fourragers au Cameroun : productivité et intérêt pour la production animale en région guinéenne. Thèse Doctorat Université Paris Sud Orsay. 191 p.
- LEOUFFRE (M.C.) - 1991. Effet du pâturage caprin sur le dynamique de production fourragère de taillis de chêne en région méditerranéenne française. Eléments pour une gestion pastorale. Thèse de Doct. es science : Ecologie. Université Aix Marseille III. Avignon INRA. 1991. 80 p.

- LETOUZEY (R.) - 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, P.Lecchevalier (Encyclopédie biologique - LXIX) : 511 p.
- ONANA (J.) - 1994. Thèse d'Université de Rennes (en préparation).
- ONANA (J.) - 1992. Etude monographique d'un fourrage ligneux du Nord-Cameroun. *Ficus sycomorus* (L.) subs./ *gnaphalocarpa* (Micq.) c.c. Berg. I. Multiplication et croissance. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. 45 (2) : 191-196.
- PIOT (J.), NEBOUT (J.P.), NANOT (R.), TOUTAIN (B.) - 1980. Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Burkina Faso). Maisons-Alfort, CTFT-IEMVT : 213 p..
- POUPON (H.) - 1980. Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Travaux et documentation ORSTOM n°115, Paris. 35 p. tabl. 91 ; graph. 46.
- TOUNKARA (B.) - 1991. Caractérisation des disponibilités fourragères ligneuses sur des parcours naturels sahéliens exploités par des bovins, ovins ou caprins. Programme CEE STD 2/215 - IER (Mali)/ISRA (Sénégal)/CIRAD-IEMVT (France). Mémoire ISPA - Rennes. 100 p.
- TOURE (I.), GILLET (H.) - 1989. Techniques d'inventaire des ligneux et d'estimation de la biomasse ligneuse appréciée. Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants. IRZ/CIRAD-IEMVT N°Gaoundéré Cameroun - 16-20 novembre 1987 (Etudes et Synthèses de l'IEMVT n°30 : 251-263).
- WALKER (B.H.) - 1970. An evaluation of eight methods of botanical analysis on grassland in Rhodesia. J. of Applied Ecology, 7 : 403-416.

the first of these is the fact that the
the second is the fact that the

the third is the fact that the

the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the

the sixth is the fact that the
the seventh is the fact that the

the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the

the tenth is the fact that the
the eleventh is the fact that the

the twelfth is the fact that the
the thirteenth is the fact that the

the fourteenth is the fact that the
the fifteenth is the fact that the

CHAPITRE III

COMPOSITION BOTANIQUE DES REGIMES DES RUMINANTS

SUR PARCOURS : APPETIBILITE RELATIVE DES ESPECES LIGNEUSES

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Cameroun	Jean Kouonménio ¹ , J. Aboubakar Njoya ² , Joseph Onana ² .
Côte d'Ivoire	Clément Bodji N'Guessan ³ avec la collaboration d'Antoine Amani N'Guessan et de Koré Richard.
Mali	Ibrahima Kassambara ⁴ et Bréhima Tounkara ⁴ , Anna Réjane Koné Dembelé ⁵ et Mamadou Lamine Duedhuou ⁶
Sénégal	Hubert Guerin ⁷ , Dominique Friot ⁸ , Cheikh Sall ⁸ , avec la collaboration de Bernard Ahokpé.
Tchad	Alexandre Ickowicz ⁸ et Oueddo Dassering ⁹ .

¹ SRZ de Nkolbisson - IRZV BP 1457 - Yaoundé, Cameroun.

² SRZV de Garoua - IRZV - BP 1073 - Garoua, Cameroun.

³ DRA-IDESSA - 01 BP 633 - Bouaké, Côte d'Ivoire.

⁴ SRZ de Niono - IER - Niono, Mali.

⁵ SRZ de Sotuba - IER - BP 258 - Bamako, Mali.

⁶ CIPEA - BP 60 - Bamako, Mali

⁷ CIRAD-EMVT - 10 rue Pierre Curie - 94704 Maisons-Alfort cedex.

⁸ LNERV-ISRA - BP 2057 - Dakar, Sénégal.

⁹ LRZV Farcha - BP 433 - N'Djamena, Tchad.

CCE.DGXII - ST2 - 1994 Composition botanique des régimes des ruminants sur parcours : appétibilité relative des espèces ligneuses - Chapitre III In: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT.

SOMMAIRE

	Page
1. CHOIX D'UNE METHODE D'OBSERVATION DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DES HERBIVORES	1
2. PRINCIPAUX TYPES DE FOURRAGES CONSOMMES	2
3. IMPORTANCE RELATIVE DES ESPECES LIGNEUSES DANS LES REGIMES DES HERBIVORES	2
4. DISPONIBILITE, ACCESSIBILITE ET APPETIBILITE	6
5. COMPLEMENTARITE ET COMPETITION DES HERBIVORES POUR L'EXPLOI- TATION DES RESSOURCES FOURRAGERES LIGNEUSES	6
6. PRISE EN COMPTE DE L'APPETIBILITE DES ESPECES POUR LA GESTION ET L'AMENAGEMENT DES PARCOURS	6

1. CHOIX D'UNE METHODE D'OBSERVATION DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DES HERBIVORES

La composition botanique des régimes a été déterminée par observation directe des animaux sur le terrain. En effet, la méthode microhistologique basée sur la reconnaissance des épidermes végétaux dans les matières fécales a posé de trop nombreux et importants problèmes méthodologiques (Diallo *et al.*, 1993) pour être généralisée dans le cadre de ce projet.

Au Sénégal, en Côte d'Ivoire et au Tchad, la "collecte du berger" (Guerin *et al.*, 1988) a été appliquée : cette méthode "semi-quantitative"¹ fait appel prioritairement aux gardiens des troupeaux considérés comme les meilleurs observateurs du cheptel grâce à leur bonne connaissance de la flore et du comportement des animaux.

La valorisation de cette connaissance "atavique" du milieu n'exclut pas, bien au contraire, le rôle des chercheurs et techniciens qui doivent, eux aussi, acquérir cette capacité d'observation des relations "plante/animal", normaliser les comptages et maîtriser toute déviance des enregistrements.

Les observations ont lieu de préférence aux heures de "grands repas", lorsqu'ils sont identifiés, et/ou pour chaque type de végétation pâturée au cours de la journée ; c'est le cas, par exemple, sur des parcours agropastoraux hétérogènes.

La technique consiste à regarder attentivement pendant 10 à 20 secondes les prises alimentaires d'un animal et à prélever le plus près possible du lieu de broutage une "poignée" de végétaux pouvant être constituée de plusieurs "pincées", imitant une série de coups de dents (petits ruminants) ou de bouchées (bovins) en général interrompue par le déplacement de l'animal vers d'autres touffes d'herbe ou d'autres arbustes. Les espèces présentes dans chaque poignée sont notées en "présence-absence". Cette méthode revient à dénombrer les contacts "bouche de l'animal-espèce végétale". La collecte est renouvelée aussi souvent que possible en observant les bouchées d'un animal différent à chaque fois, mais le plus proche possible de l'enquêteur.

Cette technique permet de réaliser 30 à 60 identifications par demi-heure. Les séances d'observation peuvent être réparties dans le temps en ayant pour objectif de réunir 400 identifications par type de pâturage et par saison. Ce nombre correspond à une recommandation générale pour déterminer les espèces dominantes à 5 p.100 près tant pour l'étude des pâturages que celle des régimes par des méthodes de laboratoires (Theurer, 1976).

¹Elle permet de mesurer la fréquence d'utilisation des espèces, mais pas de façon précise leur contribution pondérale dans les rations.

Au Mali, c'est la méthode de Dicko (1980) qui a été appliquée : elle consiste à étudier le comportement général de 4 animaux préidentifiés dans le troupeau en notant toutes les demi-heures leur activité et les espèces fourragères consommées. Cette méthode a l'avantage de permettre l'analyse des variations individuelles mais elle limite le nombre d'identifications. L'objectif de 400 fixé ci-dessus nécessiterait pas loin de 25 heures de suivi² en supposant que les animaux mangent en permanence, ce qui n'est pas le cas.

Quelle que soit la méthode, les résultats sont additionnés par période et par type de pâturage. La fréquence de chaque espèce végétale rapportée au nombre total d'observations permet de calculer sa contribution spécifique au régime.

2. PRINCIPAUX TYPES DE FOURRAGES CONSOMMES

Les fréquences de consommation d'espèces appartenant à des groupes botaniques homogènes (par exemple, graminées, légumineuses, autres herbacées, fourrages ligneux) peuvent être regroupées pour établir les principales caractéristiques des régimes (figures III.1 et III.2).

3. IMPORTANCE RELATIVE DES ESPECES LIGNEUSES DANS LES REGIMES DES HERBIVORES

S'il s'agit de hiérarchiser les espèces ligneuses entre elles suivant leur appétibilité, on calcule la contribution spécifique de chaque espèce en divisant sa fréquence de consommation par la fréquence totale de consommation des ligneux. On parle alors de contribution spécifique en pourcentage de la fraction ligneuse du régime.

Quelques exemples de résultats montrent que :

- malgré le grand nombre d'espèces présentes sur un même parcours, quelques-unes seulement jouent un rôle significatif dans l'alimentation des herbivores : 12 des 70 espèces identifiées sur le terroir agropastoral de Thyse Kayemor constituent 66 p.100 du peuplement et suivant l'espèce animale, 70 à 80 p.100 de la fraction ligneuse des régimes (Friot et Guerin, 1990) ;
- la comparaison des régimes aux disponibilités fourragères pour déterminer l'appétibilité relative des espèces est d'une interprétation délicate (tableau III.1). En effet, hormis le fait que les contributions spécifiques déterminées par la collecte du berger n'expriment pas leur importance pondérale dans la ration³, il faut tenir compte de la probabilité que l'animal a de rencontrer telle ou telle espèce végétale pour isoler, le mieux possible, le paramètre d'appétibilité d'origine physique ou organoleptique.

²contre 6 à 13 heures par la "collecte du berger".

³Il faudrait pour cela au minimum déterminer des classes de poids des coups de dent et des bouchées portés sur chaque espèce végétale. Travail prévu par le CIRAD-EMVT dans le cadre d'une étude sur le comportement alimentaire des bovins et d'espèces sauvages au Zimbabwe (Hervé Fritz).

Figure III.1 - Types de fourrages consommés par les bovins et les caprins en forêt de Tienfala (près de Koulikoro - Mali) de décembre 1990 à octobre 1991. (par A.R. Koné, 1992)

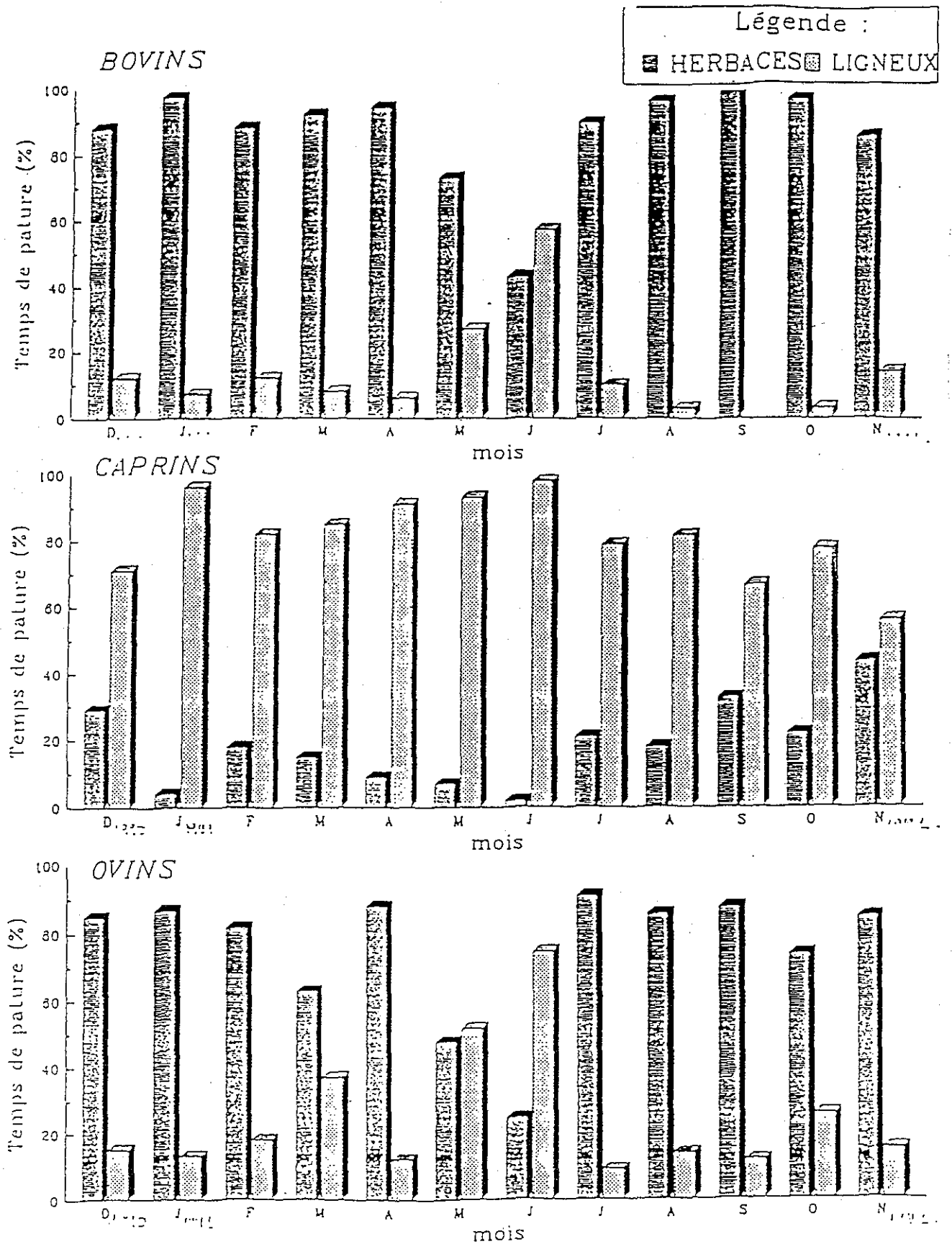


Figure III.2 - Fréquentation des parcours naturels et postcultureux ; principales caractéristiques des régimes des ruminants à Thyse-Kayemor (Sénégal) (par Guerin *et al.*, 1985)

PARCOURS AGROPASTORAUX

THYSSE - 13° 45 N

* Ligneux :

- 600 à 2 700 sujets/ha
- 10 espèces principales

* Strate herbacée :

- 80% graminées
- 8% légumineuses
- 12% autres dicotylédones

* Surface cultivée :

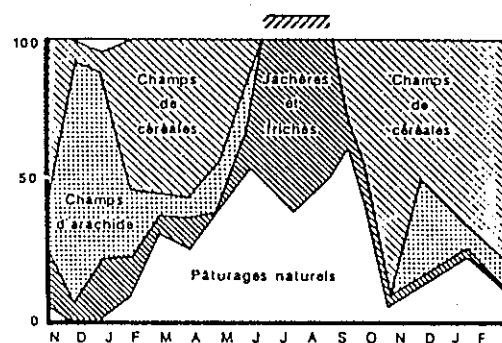
- | | |
|------|-------------------|
| 1983 | - céréales : 22% |
| | - arachides : 38% |
| 1984 | - céréales : 42% |
| | - arachides : 18% |

* Charge :

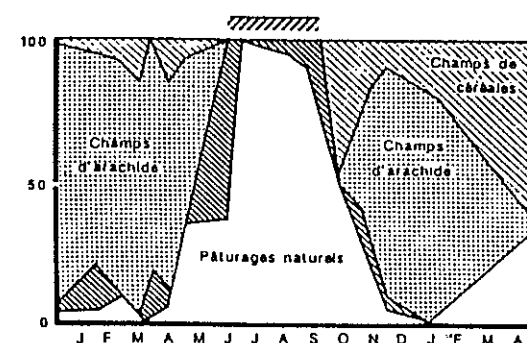
Charge : 83 kg PV/ha

Fréquentation des parcours (% du temps) :

BOVINS



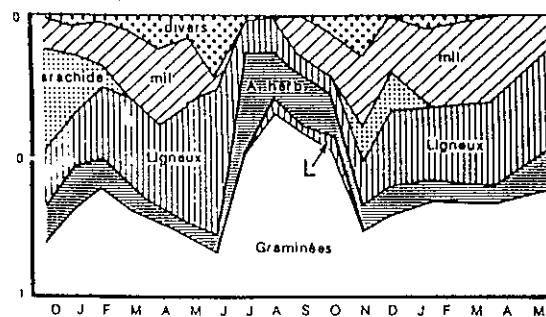
PETITS RUMINANTS



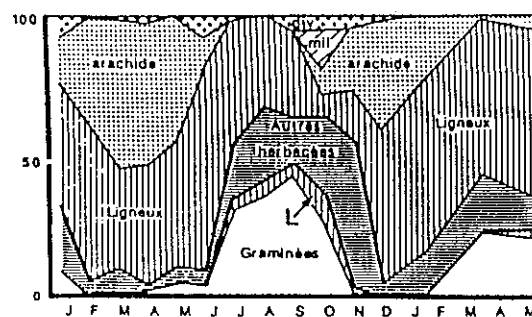
//// : Saison des pluies

Régimes (p.100) :

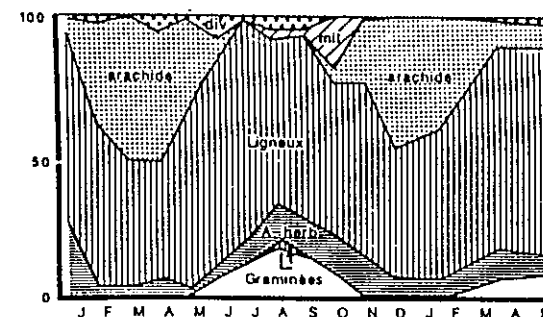
BOVINS



OVINS



CAPRINS



L = légumineuse

divers = pailles de sorgho et maïs

5

[illegible]

4. DISPONIBILITE, ACCESSIBILITE ET APPETIBILITE

En ce sens, le taux de préférence ("préférence ratio", en anglais) qui est le rapport entre les contributions spécifiques d'une espèce dans le régime et dans le pâturage a l'avantage d'être simple (tableau III.2).

Or, la contribution spécifique dans le disponible fourrager peut être exprimée de diverses manières (densité de peuplement, recouvrement, biomasse foliaire, etc. chapitre II) qui aboutissent chacune à une hiérarchie différente des espèces. Le choix de tel ou tel paramètre suppose que l'on ait établi le déterminisme principal plaçant une espèce végétale en situation d'"offre fourragère" : la bibliographie montre que cela dépend de l'espèce animale, de l'espèce végétale et des caractéristiques générales du pâturage (biomasse totale, recouvrement ligneux, etc.).

5. COMPLEMENTARITE ET COMPETITION DES HERBIVORES POUR L'EXPLOITATION DES RESSOURCES FOURRAGERES LIGNEUSES

Comme le montrent les résultats présentés par site et par espèce animale (tableaux III.4 à III.13), la compétition ou la complémentarité des bovins, des ovins et des caprins varient suivant l'espèce végétale, la saison et les disponibilités fourragères autres que ligneuses. L'exploitation globale et complète des données réunies dans le cadre du projet sera utile aux recherches sur le pâturage mixte qui se poursuivent en Afrique de l'Ouest (DG XII/ST3 - coordination Teagasc - Irlande) (Nolan et collab., 1991).

6. PRISE EN COMPTE DE L'APPETIBILITE DES ESPECES POUR LA GESTION ET L'AMENAGEMENT DES PARCOURS

Les résultats pourront ainsi servir de base pour définir des observations complémentaires ainsi que des essais d'amélioration de la gestion des ressources fourragères ligneuses, ou encore, d'enrichissement des parcours avec des espèces introduites.

D'ores et déjà, Ickowicz (1994) au Tchad, Friot et Guerin (1993) au Sénégal ont dans cet esprit examiné l'appétibilité relative des espèces en fonction de leurs disponibilités, variables suivant le parcours et la saison (Ickowicz, 1994) et suivant la fréquentation des parcours par les troupeaux, notamment en milieu agropastoral (Friot et Guerin, 1993).

Pour Ickowicz :

- la consommation de certaines espèces semble directement liée à leur importance sur le pâturage (*Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*, *Calotropis procera*, ...) ;
- certaines espèces sont recherchées avidement malgré une offre limitée : *Cadaba farinosa*, *Ziziphus mauritiana*, fleurs de *Calotropis procera* ... ;
- d'autres sont délaissées : épineux par les bovins, *Hyphaene thebaica* et *Capparis decidua* par les petits ruminants.

Ces observations qualitatives sont du même ordre que celles accompagnant habituellement les descriptions de pâturage.

Tableau III.2 - Exemples d'indices utilisés pour décrire l'appétibilité relative des plantes et comparer les régimes de plusieurs espèces animales

NAME OF INDEX	DEFINITION	REFERENCE
<u>PALATISIBILITY</u>		
Preference ratio	$PR = \frac{\% \text{ in diet (1)}}{\% \text{ available (2)}}$ <p>% in diet and % available refer to the proportion of a given forage species in the diet and the pasture on offer, respectively</p>	Theurer <u>et al.</u> 1976
Preference index	$PI = \frac{\% \text{ in diet} - \% \text{ available}}{\% \text{ in diet} + \% \text{ available}} \times 10$	Squires 1982
Plant based acceptance (adapted to browse)	PA = PR but % available was determined according to the foraging pathway and intervals during which the animal was actively foraging	Owen-Smith and Cooper 1987
Site based acceptance	The same but % available was determined within a 10 m radius of the animal	Owen-Smith and Cooper 1987
<u>COMPARISON OF DIETS</u>		
Similarity index of Kulczynski	$SI = \frac{\sum_{i=1}^n \min(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n \max(x_i, y_i)} \times 100$ <p> n = number of encountered species or food categories x = lesser percentage of a food diet in two diets being compared $a + b$ = sum of the percentages of the food category in the two diets </p>	Mac Cracken et Hansen 1981 Clark et al 1982 etc.
Diet overlap coefficient of Mac Arthur and Levins (1967)	$C_X = \frac{\sum_{i=1}^S x_i y_i}{\sum_{i=1}^S x_i^2 + \sum_{i=1}^S y_i^2}$ <p> S = total number of plant groups x_i et y_i = proportion of the total diet of herbivore species X and Y taken from plant group i </p>	Schwartz et Ellis 1981
Degree of diet overlap of Dunbar (1978)	?	Squires 1982

La hiérarchie des espèces dans une situation de pâturage donnée peut s'appuyer sur un des indices de préférence définis au tableau III.2. Celui de Theurer (1976) a été retenu pour sa simplicité. Toutefois, si les régimes ont été décrits par des méthodes assez proches au Tchad et au Sénégal, le disponible est exprimé au Tchad en pourcentage de la biomasse accessible, ce qui est la caractérisation la plus fine de la production fourragère ligneuse qui ait été faite dans cette étude, tandis qu'au Sénégal on s'est limité aux densités relatives de peuplement sans même tenir compte de la taille des individus.

Les observations menées au Mali, au Cameroun, en Côte d'Ivoire permettent aussi de calculer des indices de préférence ; il faudra veiller dans chaque cas à définir le niveau de précision avec lequel est caractérisé le disponible.

Les tableaux III.3 et III.10 présentent, à titre d'exemples, les indices de préférences par les trois espèces de ruminants domestiques des principaux ligneux de la région de Massakory au Tchad et de Thyssé Kayemor au Sénégal. Les données de ces tableaux ont été calculées à partir des compositions détaillées des régimes rapportées au tableaux III.8 à III.10, III.13 et par Ickowicz (1994). Les indices de préférences calculés inspirent à ce dernier quelques commentaires :

- * *Acacia senegal* est très recherché par les petits ruminants malgré sa faible biomasse dès le début de la saison sèche ;
- * *Acacia raddiana* semble moins apprécié (à cause des tanins ?) ;
- * *Boscia senegalensis* et *Salvadora persica* semblent être les espèces les moins recherchées, malgré leurs bonnes valeurs nutritives estimées, parmi les espèces fourragères ;
- * *Balanites aegyptiaca* est essentiellement l'objet de la convoitise des caprins
- * *Ziziphus mauritiana* peut être très recherché par les petits ruminants selon le site et l'environnement. Sur Bachoum 3, il représente moins de 1 p.100 de la biomasse ligneuse offerte contre 10 à 33 p.100 à Kardéri ;
- * les petits ruminants sont avides des fleurs de *Calotropis procera*. Leur richesse en sucres (64 p.100 de ENA) en est probablement à l'origine ;
- * *Cordia sinensis*, faible pourvoyeur de fourrage, est recherché par les trois espèces de ruminants pratiquement toute l'année.

Ce tableau nous montre également que peu d'espèces sont recherchées en octobre malgré une biomasse ligneuse souvent maximale. Les deux exceptions sont *Acacia senegal* et *Cordia sinensis*.

Des observations et des recommandations sont également formulées pour certaines espèces caractéristiques ou de statut critique (envahissantes, surexploitées, etc.) de Thyssé Kayemor.

Tableau III.3 - Indice de préférence (Theurer 1976 - tableau III.2) des principales espèces ligneuses fourragères dans la région de Massakory au Tchad (Ickowicz, 1994)

Contribution des espèces ligneuses
dans le régime des ruminants (p.100)
IP = $\frac{\text{contribution des espèces ligneuses}}{\text{dans le peuplement (p.100)}}$

Espèces	site	Esp	Oct	Dec	Fév	Avr	Jun
Acacia senegal	B1	BO	0	0	0	0	
		OV	187	40	+++	+++	
		CP	140	510	+++	+++	
	B3	BO	0	0	0	0	
		OV	810	425	0	+++	
		CP	350	1100	+++	+++	
	K	BO	0	0	0	0	0
		OV	40	40	+++	+++	0
		CP	20	15	+++	+++	10
Acacia raddiana	K	BO	0	0	0	+++	0.03
		OV	2	0.6	0	+++	0.2
		CP	2	0.4	0.05	+++	0.3
Boscia senegalensis	B1	BO	0	0.05	0.7	1	
		OV	0	0.4	0	0	
		CP	0	0	0	0	
	B2	BO	0	0.03	0.5	1	
		OV	0	0	0	0	
		CP	0.5	0	0	0.01	
	B3	BO	0	0	1	2	
		OV	0	0	0.03	0	
		CP	0.08	0	0	0.02	
Salvadora persica	B1	BO	0	0.5	0.3	0.5	
		OV	0	0.5	0	0.6	
		CP	0.08	0.2	0	0.2	
	B2	BO	0	1	0	0.2	
		OV	0	0.5	0.09	1	
		CP	0	0.7	0.1	0.6	
	B3	BO	0	0.3	0.08	0.2	
		OV	0	0.1	0.02	0.2	
		CP	0	0.1	0.06	0.2	
Balanites aegyptiaca	B2	BO	0	0	0	0	
		OV	0	0	0	0	
		CP	0	4	1	3	
	B3	BO	0	0	0	0	
		OV	0	0	0	5	
		CP	3	1	0	4	
	K	BO	0	0	0	0.01	0
		OV	0.6	0.4	0.05	0.6	0.8
		CP	0.4	0.7	0.3	0.9	0.8
Ziziphus mauritana	B3	BO	0	0	0	0	
		OV	+	0	25	25	
		CP	+	+	183	75	
	K	BO	0	0	0	0	0
		OV	0.6	0	0	0	0.1
		CP	1	0.3	0.6	0.07	0.1
Calotropis procera	B1	BO	0	0.5	0.7	0.1	
		OV	0	3	4	1	
		CP	0	1	4	1	
	B2	BO	0	1	0	0.7	
		OV	0	5	37	11	
		CP	0	8	32	10	
	B3	BO	0	0	5	2	
		OV	14	2	43	16	
		CP	0	7	34	13	
Cordia sinensis	B1	BO	0	13	+++	17	
		OV	0	0	+++	17	
		CP	4	2	+++	20	
	B2	BO	1000	200	+++	133	
		OV	0	217	0	367	
		CP	0	67	+++	233	
	B3	BO	430	245	+++	314	
		OV	165	20	+++	128	
		CP	60	60	+++	257	

Le même exercice effectué par l'ensemble des membres du projet pour les différents pays devrait permettre de prévoir dans un grand nombre de situations (type de pâturage, charge, espèce animale, etc.) d'une part la contribution des ligneux à l'alimentation des herbivores et d'autre part la pression de broutage qu'ils subissent.

Toutefois, pour pouvoir comparer une espèce végétale d'une situation à l'autre, il faut probablement tenir compte de leur abondance absolue dans le milieu (densité/hectare) pour tenir compte de la probabilité de rencontrer des espèces ligneuses pour les animaux : avec cet objectif, Tezenas du Montcel (1994) propose de comparer les indices de préférence à l'intérieur de classes de densité des espèces végétales.

Après avoir déterminé la part globale des ligneux dans les régions et la hiérarchie des espèces suivant leur appétibilité, il est important de connaître leur contribution effective, espèce par espèce, dans les rations. Ce dernier paramètre est notamment utile à la fixation des priorités pour l'étude des valeurs nutritives (chapitres V à XI) et à la définition de pratiques de gestion favorables à l'élevage. Les figures III.3 à III.5, extraites de Ickowicz (1994), fournissent quelques exemples relatifs aux parcours sahéliens du Tchad. Ces données intègrent la disponibilité des ligneux et leur appétibilité relatives ; elles sont la traduction graphique des résultats détaillés rapportés au tableau III.14 et par Ickowicz (1994):

- "on remarque des espèces contribuant de façon régulière et significative au régime. Les *Acacia* spp. et *Balanites aegyptiaca* pour les petits ruminants ;

- les contributions maximales sont observées généralement au mois d'avril, qui est, pour certaines espèces, la seule saison de consommation régulière et significative (*Boscia senegalensis*, *Salvadora persica*). *Cordia sinensis* est davantage consommé en fin de saison sèche car sa biomasse foliaire est alors plus importante. Rappelons que *Boscia senegalensis* présente une digestibilité présumée maximale en octobre alors qu'il n'est pas consommé ;

- *Ziziphus mauritiana* se distingue par une consommation réduite mais régulière, ne concernant pratiquement que les caprins".

Figure III.3 - Contribution saisonnière des espèces ligneuses fourragères aux régimes des ruminants sur les sites étudiés (en p.100 du régime total) (Ickowicz, 1994)

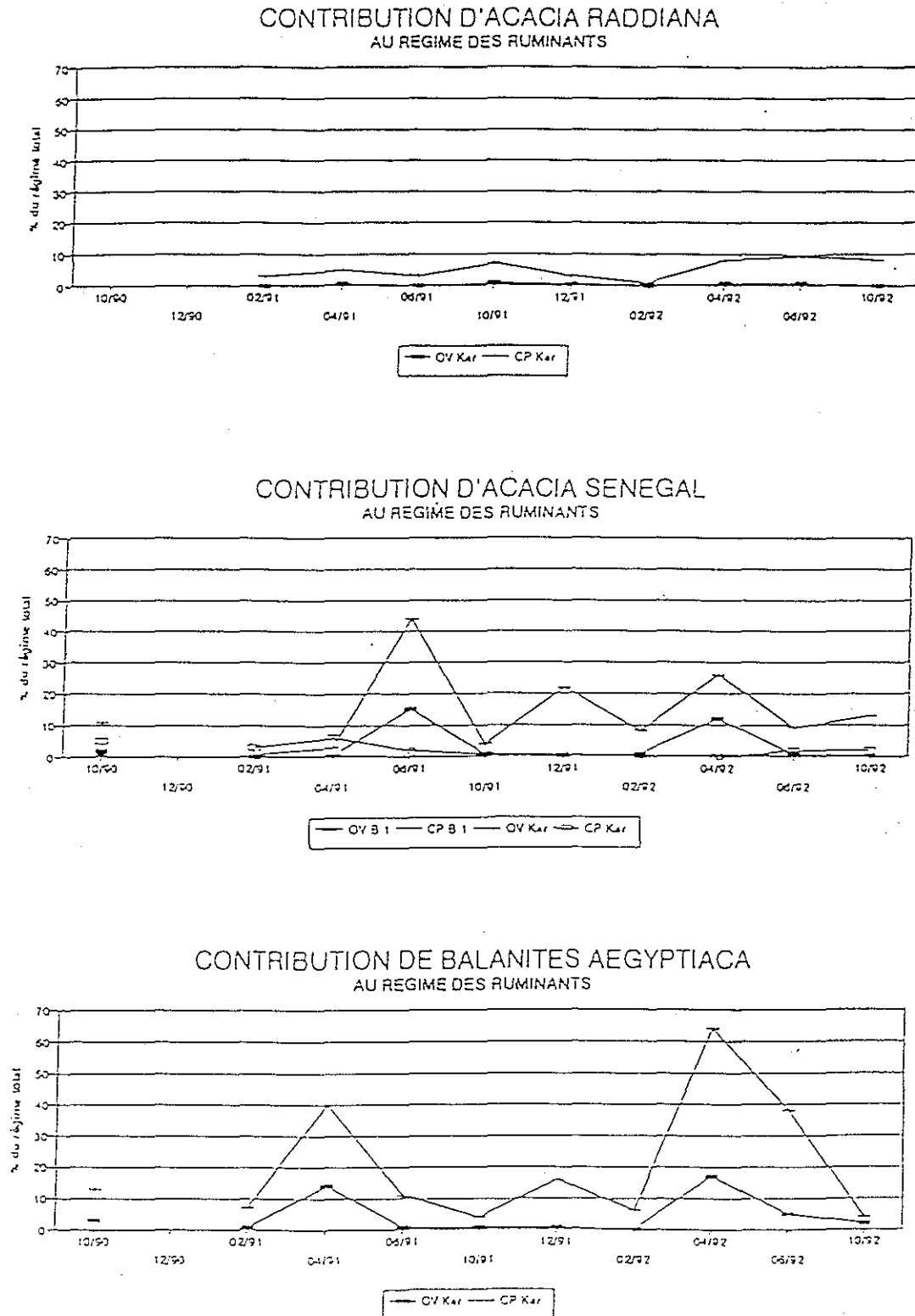


Figure III.4 - Contribution saisonnière des espèces ligneuses fourragères aux régimes des ruminants sur les sites étudiés (en p.100 du régime total) (Ickowicz, 1994)

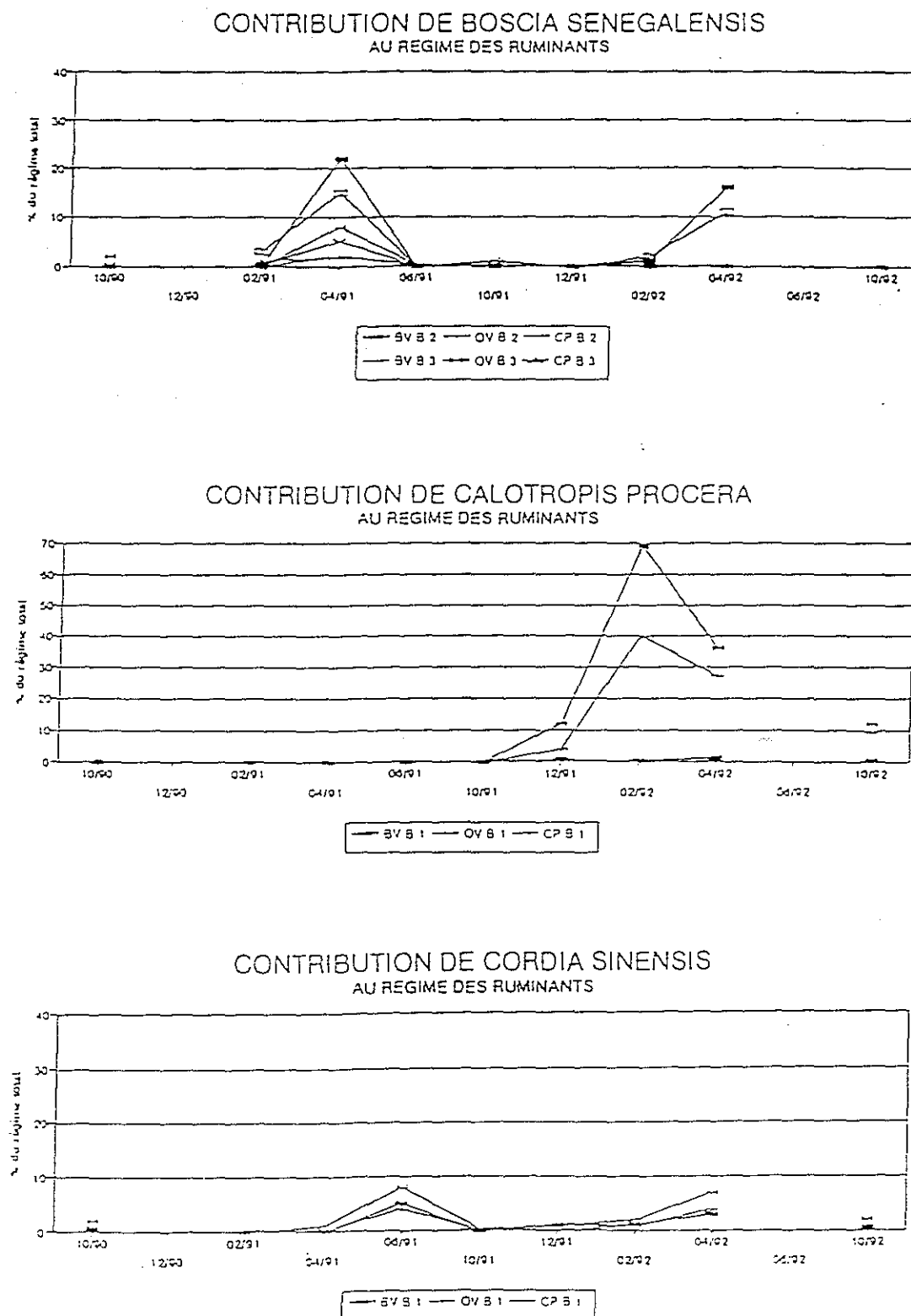


Figure III.5 - Contribution saisonnière des espèces ligneuses fourragères aux régimes des ruminants sur les sites étudiés (en p.100 du régime total) (Ickowicz, 1994)

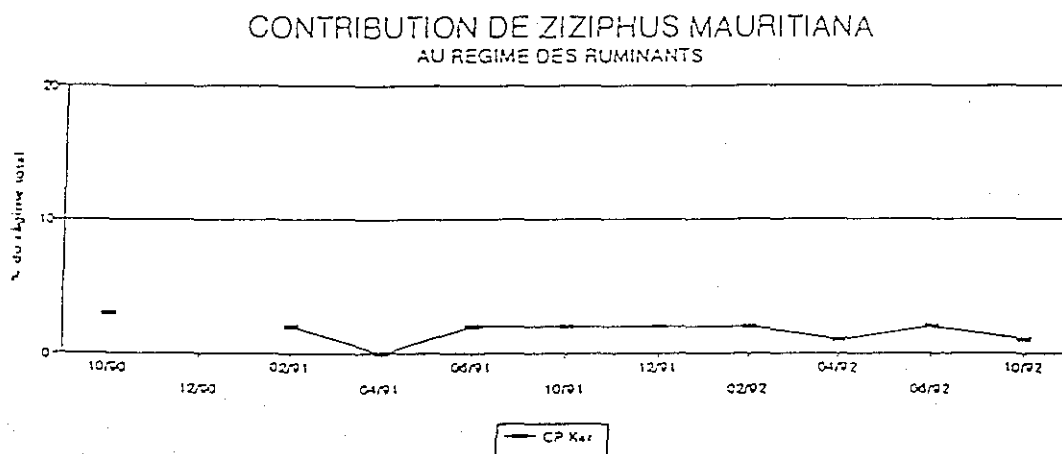
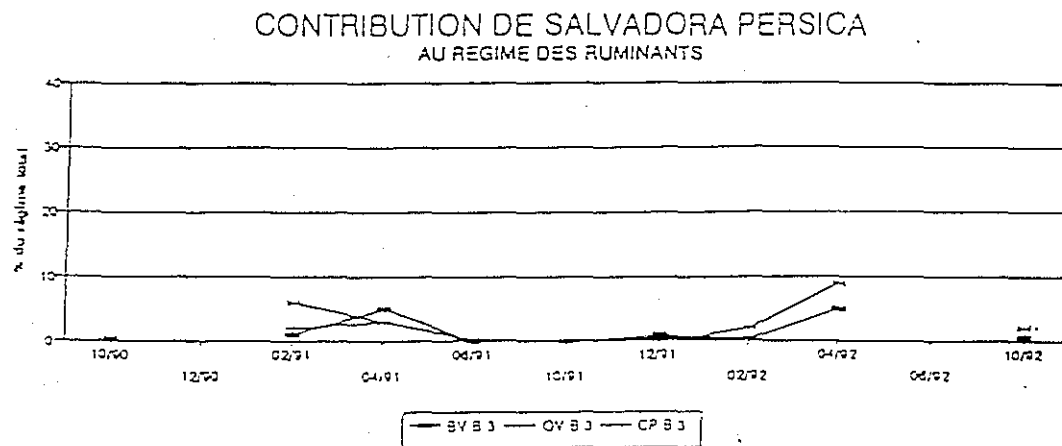


Tableau III.4 - Ligneux et subligneux consommés par le bétail dans les pâturages de la station IRZV de Nkolbisson (région de Yaoundé Cameroun) (Kouonmérioc, 1993)

Station de Nkolbisson

3°52' de latitude nord, 11°31' de longitude est, 760 m d'altitude ;
climat subéquatorial ; pluviosité annuelle moyenne : 1 500 mm répartis en deux saisons des pluies (mars à juin et septembre à novembre).

Pâturage A (4 ha) : recolonisation ligneuse d'une culture fourragère de graminée (Brachiaria ruziziensis) semée en 1990 et surpâturée.

Pâturage B (7 ha) : prairie naturelle à dominance de Paspalum conjugatum et Axonopus compressus surpâturée et envahie par Cassia sp. et d'autres espèces ligneuses.

Commentaires complémentaires sur quelques espèces ligneuses et subligneuses réputées fourragères (Kouonmérioc, 1993)

- Albizia zygia est une espèce faiblement consommée (bovins et ovins) et dans la zone forestière, reste caractéristique des zones qui ont été perturbées.
- Alchornea cordifolia est un arbuste fréquent dans les formations secondaires. Sa forte représentation dans les milieux forestiers est liée à sa dissémination par les oiseaux par le processus d'endozoochorie. Dans les parcelles étudiées, les feuilles accessibles sont entièrement consommées par les deux espèces (ovins et taurins) pendant la saison sèche. Les populations de la zone forestière exploitent les feuilles vertes de cette espèce dans la pharmacopée et plus précisément pour le traitement des maux de dents.
- Cassia hirsuta. Le broût de cette espèce par les ovins, uniquement mais en toute saison, ne devient important que lorsque les réserves fourragères des parcelles s'épuisent. Le même comportement est observé sur les troupeaux ovins en divagation dans les zones avoisinantes. Le caractère déhiscent des gousses et la bonne germination des graines facilitent la propagation, ce qui explique sa forte présence dans des végétations soumises à des pressions anthropozoogènes.
- Cassia siamea. Faiblement consommé à l'état frais, cette espèce devient appétible après préfanage. Ceci pourrait s'expliquer par la possible présence de substances répulsives au niveau de la plante qui disparaîtraient au cours du dessèchement.
- Crotalaria sp. Cette essence est très consommée par les bovins. L'exploitation fréquente des jeunes repousses et des parties non encore lignifiées semble accélérer la mortalité des sujets, la plante étant souvent bisannuelle.
- Dacryodes edulis. Seules les feuilles jaunâtres immédiatement tombées suite au processus normal de sénescence sont consommées, en particulier par les ovins.
- Mimosa invisa. Malgré la présence de fines épines sur la tige, les feuilles sont recherchées par les ovins et les bovins. L'appétibilité reste cependant moyenne. Les fourrés denses sont difficilement exploités par les animaux car ils sont presque impénétrables, ce qui peut également constituer un handicap pour une exploitation maximale.
- Sida acuta et Sida rhombolifolia. Ces deux espèces sont uniquement exploitées par les ovins. La pâture fréquente provoque une réduction de la taille des nouvelles feuilles, ce qui montre que la plante n'a pas assez de repos pour constituer des réserves suffisantes.
- Triumfetta cordifolia. Repousse mal quand il est surpâturé (effeuillage systématique). Les tiges sont également consommées surtout par les bovins avant leur lignification. Elles sont aussi cassées par les ovins au cours de la pâture lorsqu'ils cherchent à prélever des feuilles sur les parties hautes. Cette plante est présente sous forme de bosquets : par exemple, 70 individus sur 9 m².
- Vitex doniana. Les feuilles sèches tombées au sol, après fracture des branches par le vent, sont consommées.
- Dichrostachys cinerea. Morphologiquement semblable aux acacias des zones sahéliennes, cette espèce a la particularité de posséder des épines feuillées (généralement une feuille chlorophyllienne très réduite).

Tableau III.4 - (suite)

Code	Espèces	Espèces ligneuses présentes au pâturage A (3 ha)	Espèces ligneuses présentes au pâturage B (7 ha)	Animaux utilisateurs et saison d'exploitation				Observations
				Ovins		Taurins N'Dama		
				SS	SP	SS	SP	
051700	<u>Acacia sp.</u>		x					Les fruits sont bien consommés par les oiseaux, ce qui faciliterait la dissémination de l'espèce. Sa consommation nécessite une période d'adaptation. Après celle-ci l'espèce est très consommée et même surpâturée. Faiblement consommé quand il est vert, mais assez recherché après préféraison. Non fourragère. Non fourragère. Non fourragère. Consomment fruits et feuilles tombés au sol par le processus de sénescence. Non fourragère. Très consommé par les bovins en saison sèche. Non fourragère. Non fourragère. Non fourragère. Consommation faible, mais en toute saison. Peu accessible aux bovins quand il se présente en fourrés denses. Pâturage aussi faible. Peu consommé en saison des pluies, très consommés en saison sèche quand le tapis herbacé devient rare. Non fourragère. Feuilles consommées à l'état sec Les fruits mûrs sont recherchés par les ovins. Non fourragère
051807	<u>Albizia zygia</u>		x	SS	SP	SS	SP	
04001	<u>Alchornea cordifolia</u>		x	SS	SP	SS	SP	
045122	<u>Cassia hirsuta</u>	x	x	SS	SP			
045112	<u>Cassia siamea</u>	x	x	SS		SS		
045129	<u>Cassia spectabilis</u>	x						
045119	<u>Cassia tora</u>	x						
1264..	<u>Clerodendrum fornicarum</u>		x					
055000	<u>Crotalaria sp.</u>	x		SS	SP			
071301	<u>Dacryodes edulis</u>	x		SS	SP			
053112	<u>Dalbergia hostilis</u>		x					
059603	<u>Desmodium velutinum</u>					SS		
051101	<u>Dichrostachys cinerea</u>	x	x					
061400	<u>Ficus (elasticum)</u>		x					
125901	<u>Lantana camara</u>		x					
051503	<u>Mimosa invisa</u>	x		SS	SP	SP		
051501	<u>Mimosa pudica</u>							
033409	<u>Sida acuta</u>	x		SS	SP			
033507	<u>Sida rhombifolia</u>	x		SS	SP	SP		
125602	<u>Stachytarpheta indica</u>	x		SS	SP	SS	SP	
113913	<u>Solanum torvum</u>	x						
051001	<u>Tetrapleura tetraptera</u>	x						
060601	<u>Trema orientalis</u>							
030908	<u>Triumfetta cordifolia</u>	x		SS	SP	SP		
033501	<u>Urena lobata</u>	x		SS	SP		SS	
126606	<u>Vitex doniana</u>	x						
126509	<u>Vitex madiensis</u>	x						
085602	<u>Voacanga africana</u>	x	x					

x = présence ; SS = consommé en saison sèche ; SP = consommé en saison des pluies.

Tableau III.5 - Composition de la fraction ligneuse des régimes des bovins, des ovins et des caprins de janvier à juillet 1992 (fin de saison sèche et début de saison des pluies) sur les savanes arborées et arbustives guinéennes de Foro-Foro - Région de Bouaké - Côte d'Ivoire (en p.100 des prises alimentaires portées sur les strates arborées et arbustives) (Bodji et al., 1993)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

		BOVINS		OVINS							CAPRINS						
		Janv	Juill	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill
Nombre d'observations des prises alimentaires		516	155	899	431	977	731	2063	707	1331	191	1335	942	574	431	729	1561
N° code Systématique	FAMILLE / Espèce	p.100		p.100							p.100						
044102	CAESALPINIACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Piliostigma thonningii</i>	1	4	2	8	14	5	2	8	1	1	+	3	1		+	
0451058	<i>Cassia mimosoides</i>								+	2							
045108	<i>Cassia sieberiana</i>			+													
045112	<i>Cassia sinnea</i>	1	6														
045115	<i>Cassia absus</i>			+													
046301	<i>Afzelia africana</i>	+		+					+	+						+	
046501	<i>Daniellia oliveri</i>	3		10	6	3		+		+	3	+	+				
049901	MIMOSACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Parkia biglobosa</i>					1		+	+			+		3			
a 051101	<i>Dichrostachys cinerea</i>																
051802	<i>Albizia coriaria</i>				1												
a 051805 b 051805	<i>Albizia malacophylla</i> <i>Albizia boromoensis</i>	+		2	8	4		+	+	1		+	+				
x 051806	<i>Albizia glaberrima</i>							+									
051807	<i>Albizia zygia</i>	2		1	3	1	3	2	1	1	3	1		2	1	+	
051901	<i>Samanea dinklagel</i>									1							
a 052402	FABACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Pericopsis laxiflora</i>			18	4	1	2	1	+		6	1	1	2	3	+	+
053110	<i>Dalbergia melanoxylon</i>																+
053305	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	+	3	+	4	+	1	+	1	+	4	6	4	2	6	2	5
053904	<i>Lonchocarpus cyanescens</i>			+		+					+	+			1		
054402	<i>Tephrosia elegans</i>			+					+	1							

Tableau III.5 - (suite 1)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

... dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Système	FAMILLE Espèce	BOVINS		OVINS							CAPRINS							
		Janv	Juil	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	
		p.100							p.100									
054406	FABACEAE (suite) <i>Légumineuse</i> <i>Tephrosia platycarpa</i>						+			+								
054415	<i>Tephrosia bracteolata</i>								+	+	+						+	
054710	<i>Indigofera paniculata</i>			+							+	+						
054744	<i>Indigofera polysphaera</i>									1								
055513	<i>Rhynchosia nyasica</i>				+													
0555..	<i>Rhynchosia abyssinica</i>				1							+						
055605	<i>Eriosema psoraleoides</i>			5	2	5	3	4	11	2	2			+			1	
055610	<i>Eriosema glomeratum</i>	+								+	2			+				
055622	<i>Eriosema flemingioides</i>				+	+	2	+	1			+	+	1		1		
059603	<i>Desmodium velutinum</i>		10							+	+				1		1	
0596..	<i>Desmodium verticillata</i>									1								
059702	<i>Pseudarthria hookeri</i>		21	1	2		+			1	3				1	1	1	
060101	<i>Uraria picta</i>						+	+	+	+				+				
002503	ANNONACEAE <i>Annona senegalensis</i>	+			1	+	+	+	+	+	1			+		1	+	1
009202	VIOLACEAE <i>Hybanthus enneaspermus</i>			+							3							
009702	POLYGALACEAE <i>Securidaca longepedunculata</i>										+							
012501	AIZOACEAE <i>Glinus lotoides</i>	+																
a 015206 b 015206	AMARANTHACEAE <i>Pandiaka angustifolia</i> <i>Pandiaka heudelotii</i>		1								4							
018703	DILLENIACEAE <i>Tetracera alnifolia</i>						+				+			+				

Tableau III.5 - (suite 2)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Systématique	FAMILLE Espèce	BOVINS		OVINS							CAPRINS						
		Janv	Juil	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil
		p.100							p.100								
019002	COCHLOSPERMACEAE <i>Cochlospermum planchonii</i>			1	3	29	25	25	25				+	1	+		
0244..	OCHNACEAE <i>Ouratea morsonii</i>			+													
024501	<i>Lophira lanceolata</i>	13		2	1			+	1	+	2	1	1		1	1	+
025104	MYRTACEAE <i>Syzygium guineense</i>			+	1	1		+		+					1		
a 027607 b 027607	COMBRETACEAE <i>Combretum molle</i> <i>Combretum velutinum</i>					+						+	+		+		
027616	<i>Combretum micranthum</i>																
027901	<i>Guiera senegalensis</i>							+									
028005	<i>Terminalia laxiflora</i>	1							+							+	
028008	<i>Terminalia glaucescens</i>			+		1	3	3	4	6	1	+	2	1	7	9	7
028009	<i>Terminalia albida</i>								+								
028201	<i>Anogeissus leiocarpus</i>								+								
029200	HYPERICACEAE <i>Psorospermum sp.</i>								+								
030421	TILIACEAE <i>Grewia venusta</i>									+							
a 032202	STERCULIACEAE <i>Waltheria indica</i>	+				+				+							
032501	<i>Sterculia setigera</i>									+							
032504	<i>Sterculia tragacantha</i>		2							+		+			+		+
033201	MALVACEAE <i>Wissadula amplissima</i>									+							
033304	<i>Abutilon mauritianum</i>									1							

Tableau III.5 - (suite 3)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

de ligneux et de herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Systématique	FAMILLE Espèce	OVINS										CAPRINS						
		Janv	Juil	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	
		p.100										p.100						
033403	MALVACEAE (Suite) <i>Sida urens</i>		1															
033407	<i>Sida rhombifolia</i>								1	1								
033501	<i>Urena lobata</i>		21															
036506	EUPHORBIACEAE <i>Bridelia ferruginea</i>			1	14	4	23	21	13	22		6	3	3	13	8	14	
037502	<i>Antidesma venosum</i>			+					+	+						+		
037503	<i>Antidesma membranaceum</i>				+								+		1			
037703	<i>Hymenocardia acida</i>			+	9	11		+		1	1	+	2		1			
037901	<i>Phyllanthus muellerianus</i>						1	4	3			+						
a 037903 b 037903	<i>Margaritaria discoidea</i> <i>Phyllanthus discoideus</i>			1	+							1						
a 038001 c 038001	<i>Fluggea virosa</i> <i>Securinea virosa</i>		6		+	1	2	3	2			5	2	10	2	1		
040001	<i>Alchornea cordifolia</i>	1																
043509	ROSACEAE <i>Parinari curatellifolia</i>	58		35	6	1	6	9	5	7	54	56	45	36	23	13	8	
a 060601 b 060601	ULMACEAE <i>Trema orientalis</i> <i>Trema guineensis</i>					1				1		+	+		+			
061403	MORACEAE <i>Ficus exasperata</i>										1	+						
061407	<i>Ficus capensis</i>			2	2	1	4	6	2	2	4	+	2	3	5	3	2	
061409	<i>Ficus vallis-choudae</i>						1					+		1				
a 061410 b 061410	<i>Ficus sycomorus</i> <i>Ficus gnaphalocarpa</i>									+			+					
061415	<i>Ficus ingens</i>											+						

Tableau III.5 - (suite 4)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Systématique	FAMILLE Espèce	OVINS								CAPRINS							
		Janv	Juil	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil
		p.100								p.100							
061435	MORACEAE (Suite) <i>Ficus glumosa</i>				1		+	1	1			+			1		
0639..	CELASTRACEAE <i>Salacia guineensis</i>			1	4	5	3	1			1	+	+	1		1	
063904	<i>Salacia senegalensis</i>																+
065802	OLACACEAE <i>Ola subscorpioidea</i>					+											
066601	OPILIIACEAE <i>Opilia cellidifolia</i>			+													
068813	VITACEAE <i>Cissus rufescens</i>	+				+			2	6							
069001	<i>Ampelocissus leonensis</i>								+	1			+			1	
069101	<i>Leea guineensis</i>			+													
a 069201 b 069201	RUTACEAE <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> <i>Fagara zanthoxyloides</i>			1	1		+	+	+		6	1	+				+
069401	<i>Afraegle paniculata</i>			+													
070101	SIMAROUBACEAE <i>Harrisonia abyssinica</i>				7		18			1		7	12	18	18	32	27
071501	MELIACEAE <i>Khaya senegalensis</i>				1	+				+	2	1	1		3		+
071701	<i>Pseudocedrela kotschyl</i>	7		3	4	3	+	12	1	4	3	1	5	6	2	10	12
a 072009 b 072009	<i>Trichilia emetica</i> <i>Trichilia roka</i>			1	7	1	6	+	2	1	1	1	2	+	+	+	
072801	SAPINDACEAE <i>Paullinia pinnata</i>			+				+	+	1		2	1	1		+	+
073002	<i>Allophylus africanus</i>			+		+		1		1		+		+	3	+	

Tableau III.5 - (suite 5)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Systématique	FAMILLE Espèce	OVINS										CAPRINS							
		Janv	Juill	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill		
		p.100										p.100							
074701	ANACARDIACEAE Mangifera indica											1							
a 075504 b 075504	Lannea barteri Lannea kerstingii			+	1			1				+	1			+			
075507	Lannea acida				+		+	+	+	1		+				1			
a 077601	ARALIACEAE Cussonia arborea		14		+	1	2	1	+	1		1	1	3	2	3	1		
079721	EBENACEAE Diospyros mespiliformis	+			1							+							
a 080901	SAPOTACEAE Vitellaria paradoxa	3		1	1	5	1			1		1	+	2	+	+			
a 081501 b 081501	Malacantha alnifolia Malacantha heudelotiana			+															
a 087401	PERIPILOCACEAE Parquetina nigrescens													0.5					
088401	ASCLEPIADACEAE Secamone afzelii																+		
092001	RUBIACEAE Crossopteryx febrifuga									1									
092101	Morelia senegalensis										1								
093409	Gardenia ternifolia	+		+			+						1						
094525	Pavetta crassipes									+									
a 096201	Nauclea latifolia	+		6	7	2	4	2	6	6	5	4	10		1	1	5		
a 097223 b 097223	Keetia venosa Canthium venosum			+					+			+					+		
097703	Morinda lucida									+		+							
a 100305 b 100305	Spermacoce ruelliae Borreria scabra																		

Tableau III.5 - (suite 6 et fin)

Remarque : les proportions relatives de ligneux et d'herbacées dans les régimes n'ont pas été déterminées.

N° code Système	FAMILLE Espèce	OVINS								CAPRINS							
		Janv	Juill	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill
		p.100								p.100							
107119	ASTERACEAE Vernonia colorata	1															
107152	Vernonia guineensis	1				+				+			1				
107901	Ageratum conyzoides		6							+							
a 107601	Chromolaena odorata								+								
a 107601 b 107601	Chromolaena odorata Eupatorium odoratum												+				
113913	SOLANACEAE Solanum torvum										1						
115506	CONVOLVULACEAE Ipomea heterotricha		1						+	2							
125002	ACANTACEAE Monechma depauperatum		5							1				1			
126101	VERBENACEAE Lippia multiflora	1		4		1		+	+	+	1	+	+	1	4	+	
126413	Clerodendrum capitatum	+															
a 126506	Vitex doniana	4		+	1							+			+		
126521	Gmelina arborea								1			+			1		
127601	LAMIACEAE Hoslundia opposita				1		+			1							
133720	ZINGIBERACEAE Aframomum latifolium									6						2	
140506	DIOSCOREACEAE Dioscorea bulbifera								2	+				1		9	14
140514	Dioscorea togoensis									1				+			
142302	HYPOXIDACEAE Curculigo pilosa															+	
152305	POACEAE Leersia hexandra	1														+	

Tableau III.6 - Peuplement ligneux et régime alimentaire des bovins, des ovins et des caprins de février à avril 1993 (fin de saison sèche) sur les savanes arborées et arbustives guinéennes de Foro-Foro en Côte d'Ivoire ; moyenne des observations effectuées sur les quatre formations A B C D fréquentées de façon équivalente par les animaux et décrites au Tableau II.12 chapitre II (Bodji et al., 1993)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Nombre de ligneux par hectare		1785									
Nombre d'observations des prises alimentaires			1184	426	642	1233	1804	3058	1279	1850	3217
Régime ligneux (p.100 du régime total)			25	3	7	47	26	55	73	98	85
Régime Subligneux (p.100 du régime total)						4	12	20	6	1	11
Régime herbacées (p.100 du régime total)											
- Autres dicotylédones							+	1			1
- Graminées			75	97	93	49	61	25	21	1	4
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	LIGNEUX	%	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux
	CAESALPINIACEAE Légumineuse										
a 044102	Piliostigma thonningii	3	15	46		1	1	+	3	+	6
046301	Azelia africana	1									
046501	Daniellia oliveri	6				1	+	+	7	+	+
048501	Tamarindus indica					+					
a 049601	Erythrophleum suaveolens										
b 049601	Erythrophleum guineense	1									
	MIMOSACEAE Légumineuse										
049901	Parkia biglobosa	+					+				1
a 051101	Dichrostachys cinerea	+					+				
051705	Acacia polyacantha							+			
a 051706	Faidherbia albida										
b 051706	Acacia albida	+						1			
a 051805	Albizzia malacophylla										
b 051805	Albizzia boromoensis					1			+		1
051807	Albizzia zygia	1	16			6	+	+	3	+	+
	FABACEAE Légumineuse										
a 052402	Pericopsis laxiflora	13	2			26	12	9	18	3	3
053100	Dalbergia sp							0			
053305	Pterocarpus erinaceus	7	4		95	3	9	12	3	11	5
	ANNONACEAE										
000403	Uvaria chamae							2			
002503	Annona senegalensis	1	4			1		+	1	+	5
	OCHNACEAE										
024501	Lophira lanceolata	3		8		14	2				

Tableau III.6 - (suite 1)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Formation/Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	LIGNEUX (suite)		%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux
025104	MYRTACEAE <i>Syzygium guineense</i>	2							+		
a 027607	COMBRETACEAE <i>Combretum molle</i>										
b 027607	<i>Combretum velutinum</i>										
027616	<i>Combretum micranthum</i>	1				+		+	+		
028005	<i>Terminalia laxiflora</i>										
028008	<i>Terminalia glaucescens</i>	7	+				5	11		9	6
032644	STERCULIACEAE <i>Cola cordifolia</i>	+									
036506	EUPHORBIACEAE <i>Bridelia ferruginea</i>	4	12			6	24	28	8	14	14
037502	<i>Antidesma venosum</i>						+	2		+	
037703	<i>Hymenocardia acida</i>	3				10	13	5	1	1	1
a 038001	<i>Fluggea virosa</i>										
c 038001	<i>Securinea virosa</i>	+				+	2	2	+	5	+
038105	<i>Uapaca togoensis</i>	3									
043509	ROSACEAE <i>Parinari curatellifolia</i>	21	38			14	13	11	23	17	14
a 061407	MORACEAE <i>Ficus sur</i> Forsk										
b 061407	<i>Ficus capensis</i>	+				+	+	1	3	2	4
061435	<i>Ficus glumosa</i>	1							1	+	
063904	HIPPOCRATEACEAE <i>Salacia senegalensis</i>	+					3	4	1	1	+
065802	OLACACEAE <i>Olax subscorpioidea</i>										
a 069201	RUTACEAE <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>										
b 069201	<i>Fagara zanthoxyloides</i>	1							3	1	5
070101	SIMAROUBACEAE <i>Harrisonia abyssinica</i>	1								33	22

Tableau III.6 - (suite 2)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Formation/Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	LIGNEUX (suite)		%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux	%Ligneux
	MELIACEAE										
071501	Khaya senegalensis	1							+	+	
071701	Pseudocedrela kotschy	5	7			2	+	1	4	+	3
a 072009	Trichilia emetica										
b 072009	Trichilia roka	4				9	3	1	5	1	1
	SAPINDACEAE										
073002	Allophylus africanus	+								1	1
	ANACARDIACEAE										
a 075504	Lannea barteri										
b 075504	Lannea kerstingii	1									
075507	Lannea acida	+						1	+		
076003	Rhus natalensis		+			+		+	1		1
	ARALIACEAE										
a 077601	Cussonia arborea	2						2		2	1
	SAPOTACEAE										
a 080901	Vitellaria paradoxa	4		46		2	3	+	6	+	2
	ASCLEPIADACEAE										
088401	Secamone afzelli									+	
	RUBIACEAE										
093407	Gardenia erubescens										
093409	Gardenia ternifolia					1			+		
a 096201	Nauclea latifolia	2			5	4			+		+
097007	Fadogia agrestis						7	3	3	2	4
097703	Morinda lucida.									+	
	VERDENACEAE										
125731	Tectona grandis		1								
125905	Lantana rhodesiensis										
126101	Lippia multiflora										
a 126506	Vitex doniana	+									
126521	Gmelina arborea	+						2	+	2	

Tableau III.6 - (suite 3)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Formation/Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	SUBLIGNEUX		%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.	%SubLign.
	FABACEAE Légumineuse										
054402	Tephrosia elegans	+					6				
055605	Eriosema psoraleoides	+				19	16	5			13
055610	Eriosema glomeratum								28		17
055611	Eriosema griseum					4					
058102	Teramnus buettneri						45	33			1
059602	Desmodium gangeticum							1			
059603	Desmodium velutinum	+				2	5	13			23
059608	Desmodium ramosissimum										
059702	Pseudarthria hookeri	1					+				
060101	Uraria picta	+					7	5			1
	COCHLOSPERMACEAE										
019002	Cochlospermum planchonii	+				19	9	27	26	33	30
	VITACEAE										
068813	Cissus rufescens	+					5	7			1
	LOGANIACEAE										
082801	Strychnos spinosa						+				
	ASTERACEAE										
106602	Elephantopus mollis										
107132	Vernonia nigriflora							7			
107152	Vernonia guineensis	+						1			3
a 107601	Chromolaena odorata	+				2			13	13	
	SCROPHULARIACEAE										
a 118701	Cynium adonense										
b 118701	Cynium camporum										
	VERBENACEAE										
125905	Lantana rhodesiensis							+			
126101	Lippia multiflora	2				54	6		33	53	11
	TACCACEAE										
a 142501	Tacca leontopetaloides							3			

Tableau III.6 - (suite 4)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Formation/Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	DICOTYLEDONES HERBACEES		%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.	%Dicotyl.
a 015202	AMARANTHACEAE										
b 015202	Pandiaka angustifolia										
	Pandiaka heudelotii							5			
033407	MALVACEAE										
	Sida rhombifolia										
054415	FABACEAE										
055513	Tephrosia bracteolata										7
	Rhynchosia nyasica										
a 100313	RUBIACEAE										
b 100313	Spermacoce octodon										
	Borreria octodon										
115506	CONVOLVULACEAE							5			
115533	Ipomoea heterotricha										
	Ipomoea mauritiana										
125001	ACANTHACEAE										
125002	Monechma ciliatum										
	Monechma depauperatum						100	19			
								71			
127601	LAMIACEAE										
	Hoslundia opposita										
133720	ZINGIBERACEAE										
	Aframomum latifolium										
140506	DIOSCOREACEAE										
140514	Dioscorea bulbifera										
140517	Dioscorea togoensis										
	Dioscorea prachensis										

Tableau III.6 - (suite 5 et fin)

Disponible/Régime/Espèce		Disponible	Régime Bovins			Régime Ovins			Régime Caprins		
Formation/Mois			Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril	Février	Mars	Avril
Code	Famille / Espèce	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	GRAMINEES		%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées	%Graminées
	POACEAE										
152304	Leersia hexandra				1						
157218	Sporobolus pyramidalis				1	+		+			
158509	Setaria barbata				5		7	7			
158821	Panicum phragmitoides	26	18		17	25	13	13	36		42
159001	Acroceras zizanioides				2						
159802	Echinochloa pyramidalis				1						
160108	Brachiaria brizantha				1						
a 160307	Paspalum scrobiculatum										
b 160307	Paspalum orbiculare				2		1				
160315	Paspalum plicatulum				2						
a 161301	Pennisetum unisetum										
b 161301	Beckeropsis unisetia				11	1	4	19		37	
a 163511	Schizachyrium sanguineum	6			1	5	4	7	1		
163601	Cymbopogon giganteus	23			2		+				
a 163716	Andropogon chinensis										
b 163716	Andropogon ascinodis	1	5		2	2	7	6			5
163722	Andropogon tectorum		9		11	2	15	4	12	11	1
163723	Andropogon macrophyllus		4		5	2	3	3	15	11	5
163729	Andropogon gayanus	7	7		6	4	7	4	+		5
163903	Hyparrhenia smithiana	1	15		24	2	10	9	4		22
163927	Hyparrhenia subplumosa		6		3	3	10	5	4		
a 164001	Hyperthelia dissoluta								10	7	1
c 164001	Hyparrhenia dissoluta	16	9		4	7	4	10			
164202	Elymandra androphila	25	28		1	46	13	12	17	33	20
165401	Rottboellia exaltata				1		1	1			

Tableau III.7 - Peuplement ligneux (nombre de souches par hectare) et composition botanique du régime des bovins, des ovins et des caprins au pâturage à l'IRZV de Garoua (J.A. Njoya et J. Onana avec la collaboration de Mathias Djoumessi 1993)

		FORMATION I	BOVINS		OVINS		CAPRINS	
		Abondance relative : faible (1) à forte (5)	SP	SS	SP	SS	SP	SS
Nombre d'observations des prises alimentaires			124	449	87	322	114	207
Régimes : herbacés (%) ligneux (%)			91 9	74 26	72 28	70 30	32 68	40 60
Code	Famille / Espèce	% du peuplement	% de la fraction ligneuse du régime					
a 044101 c 044101	CAESALPINIACEAE <i>Légumineuse</i> Piliostigma reticulatum Bauhinia reticulata	1		2				
044102	Piliostigma thonningii	3		10		7	7	10
045105	Cassia mimosoides	3	27		13			
046301	Afzelia africana	1		5				5
046501	Daniellia oliveri	3		10		36		5
048501	Tamarindus indica	2		1		5	8	11
049501	Burkea africana	3						1
050801	MIMOSACEAE <i>Légumineuse</i> Prosopis africana	2		4		5		
a 051101	Dichrostachys cinerea	2	5		17	6	5	4
051703	Acacia senegal	1		2				
051704	Acacia dudgeoni	1					5	2
051705	Acacia polyacantha	1						2
009702	POLYGALACEAE Securidaca longepedunculata	1		3		2		1
019001	COCHLOSPERMACEAE Cochlospermum tinctorium	1		2			10	1
019002	Cochlospermum planchonii	1	9				3	
027608	COMBRETACEAE Combretum nigricans	1						5
a 027615a	Combretum collinum hypopil.	5						2
027635	Combretum aculeatum	3		3	13	3	5	5
028201	Anogeissus leiocarpus	2					5	
030408	TILIACEAE Grewia villosa	1						1
a 030421	Grewia venusta	2		8				2
033002	BOMBACACEAE Bombax costatum	1		3		2		
036302	ZYGOPHYLLACEAE Balanites aegyptiaca	2						

SP : saison des pluies (mai à octobre)
SS : saison sèche (novembre à avril)

Tableau III.7 - (suite)

			FORMATION I	BOVINS		OVINS		CAPRINS	
			Abondance relative : faible (1) à forte (5)	SP	SS	SP	SS	SP	SS
Code	Famille / Espèce	% du peuplement	% de la fraction ligneuse du régime						
036501	EUPHORBIACEAE <i>Bridelia scleroneura</i>	1							1
037703	<i>Hymenocardia acida</i>	1			3			7	3
a 038001 c 038001	<i>Fluggea virosa</i> <i>Securinega virosa</i>	1			1		2	1	1
061400	MORACEAE <i>Ficus sp.</i>	1			1		1		10
a 061410 c 061410	<i>Ficus sycomorus</i> <i>Ficus gnaphalocarpa</i>	2			5		2		
061447	<i>Ficus thonningii</i>	1							
a 063502 c 063502	CELASTRACEAE <i>Maytenus senegalensis</i> <i>Gymnosporia senegalensis</i>	2			1			5	
065701	OLACACEAE <i>Ximenia americana</i>	2			1			4	
068202	RHAMNACEAE <i>Ziziphus mauritiana</i>	2			1		2	1	
068203	<i>Ziziphus abyssinica</i>	1			2				
071501	MELIACEAE <i>Khaya senegalensis</i>	1		1				1	
075506	ANACARDIACEAE <i>Lannea fruticosa</i>	1							
079721	EBENACEAE <i>Diospyros mespiliformis</i>	1					1		
a 080901 b 080901	SAPOTACEAE <i>Vitellaria paradoxa</i> <i>Butyrospermum paradoxum</i>	2		64		13	12	4	11
082801	LOGANIACEAE <i>Strychnos spinosa</i>	3				5		4	2
082806	<i>Strychnos innocua</i>	1				5			
089301	ASCLEPIADACEAE <i>Calotropis procera</i>	1					2		
092001	RUBIACEAE <i>Crossopteryx febrifuga</i>	3			10	25	2		2
093405	<i>Gardenia aqualla</i>	2			3			8	5
a 094901	<i>Feretia apodanthera</i>	1				13		11	1
119801	BIGNONIACEAE <i>Stereospermum kunthianum</i>	2			8			4	
126510	VERBENACEAE <i>Vitex simplicifolia</i>	2			8				2
.....	INCONNUE <i>Haematostaphis barteri</i>	1						4	

SP : saison des pluies (mai à octobre)
SS : saison sèche (novembre à avril)

Tableau III.8 - Peuplements ligneux des parcours saisonniers des ovins, des bovins et des caprins à Thyse Kayemor Sonkorong au Sénégal (Friot, Guerin 1993)

Les peuplements ligneux de 17 formations géomorphologiques ont été inventoriés et regroupés en trois classes suivant leurs situations topographiques, leurs sols et leur utilisation agricole ou sylvopastorale. Les densités et contributions spécifiques sont présentées au tableau II.13 (chapitre II). Pour chacune de ces classes, il s'agit de :

- parcours de type PI de savanes arbustives ou arborées sur plateaux, terrasses et éboulis de cuirasses ferrugineuses = terroir sylvopastoral (41.3 p.100 du terroir) ;
- parcours de type PII de jachères et post culturaux sur terrasses et glacis de raccordements = terroir agricole (40.2 p.100 du terroir) ;
- parcours de type PIII boisés sur bas-fonds alluviaux (18.5 p.100 du terroir).

Les densités de peuplements des parcours effectifs ont été approchées en tenant compte des surfaces relatives de ces trois classes et de leurs fréquentations par les troupeaux, variables suivant les saisons :

- en début de saison sèche, en période post récolte (p.r), la végétation herbacée sèche rapidement et devient peu appetée comparativement à celle des bas-fonds ou des jachères et aux résidus de culture qui deviennent accessibles au fur et à mesure des récoltes. Les animaux fréquentent, alors principalement les parcours de types I et II (PI et PII) ;
- en pleine saison sèche (ss), les résidus de récolte et le tapis herbacé des jachères s'appauvrissent, les fourrages des parcours de cuirasse deviennent relativement plus appétibles, en particulier les ligneux. Les animaux exploitent les trois types de parcours (PI, PII et PIII) ;
- en période de soudure, à la fin de la saison sèche et lors des premières pluies (pp), les agriculteurs nettoient les champs et les ensèmentent; les fourrages deviennent très rares sur le terroir agricole et la présence des animaux n'y est plus souhaitée. Ils sont alors gardés dans les bas-fonds et sur les cuirasses (types PII et PIII) ;
- en saison des pluies (sp), les terres cultivées et les jachères, le plus souvent enclavées par les cultures, sont interdites au cheptel qui exploite alors les types PII et PIII.

Pour chaque saison, les densités de peuplement et les contributions des espèces (en p.100) sur les parcours fréquentés par les troupeaux sont calculées par moyennes pondérées (d'après les surfaces) des valeurs relatives à chaque type de parcours :

- période post récolte début de saison sèche :

$$X_{pr} = (0.402 \times PII + 0.185 \times PIII) / (0.402 + 0.185) ;$$

- pleine saison sèche :

$$X_{ss} = 0.413 \times PI + 0.402 \times PII + 0.185 \times PIII ;$$

- soudures et premières pluies (Xpp) ou en saison des pluies (Xsp) :

$$X_{pp} = X_{sp} = (0.143 \times PI + 0.185 \times PIII) / (0.143 + 0.185).$$

Les espèces ligneuses sont classées suivant leur importance relative :

- espèces significatives : celles dont la contribution spécifique (cs) est supérieure à 1 p.100 sur au moins un des trois types de parcours ;
- espèces peu fréquentes : celles répertoriées dans les inventaires mais peu abondantes (cs < 1 p.100) ;
- espèces rares non inventoriées dans les peuplements mais consommées.

Tableau III.8 - (suite)

Parcours saisonniers		Début de saison sèche, période post-récolte	Pleine saison sèche	Période de soudure : - fin de saison sèche - premières pluies		Saison des pluies
		octobre - novembre	décembre à avril	mai - juin		juillet à septembre
Densité de peuplement (N/ha)		4475	5874	6695		6695
Espèces		Contributions spécifiques (p.100)				
Codes	Espèces significatives					
051707/08	Acacia macrostachys/ataxacantha	3	3	2		2
051715	Acacia seyal	0	0	0		0
002503	Annona senegalensis	1	1	0		0
028201	Anogeissus leiocarpus		0	1		1
072601	Azadirachta indica	1	0	1		1
045108	Cassia sieberiana	1	1	1		1
027609	Combretum glutinosum	27	35	41		41
027616	Combretum micranthum	0	2	4		4
027608	Combretum nigricans	6	11	13		13
092001	Crossopteryx febrifuga	3	2			
051101	Dichrostachys cinerea	1	1	1		1
079721	Diospyros mespiliformis	1	1	1		1
094901	Feretia apodanthera	3	5	8		8
038001	Fluggea virosa	0	0	0		0
030417	Grewia tenax	7	5	1		1
027901	Guiera senegalensis	2	1	1		1
001802	Hexalobus monopetalus		0	1		1
037703	Hymenocardia acida	1	1	1		1
064701	Icacina oliviformis	15	9	11		11
095901	Mitragyna inermis	0	0	0		0
043508	Neocarya macrophylla		3	5		5
075902	Ozoroa insignis	9	5	0		0
044101	Piliostigma reticulatum	6	3	2		2
044102	Piliostigma thonningii	3	2	1		1
075301	Sclerocarya birrea	1	1			
009702	Securidaca longepedunculata	1	2	2		2
068202	Ziziphus mauritina	1	1	1		1
Espèces peu fréquentes						
032901	Adansonia digitata					
051801	Albizia chevalieri					
074801	Anacardium occidentale					
087107	Baissa multiflora					
036302	Balanites aegyptiaca					
033002	Bombax costatum					
089301	Calotropis procera					
027635	Combretum aculeatum					
027632	Combretum lecardii					
071103	Commiphora africana					
044501	Cordia pinnata					
045801	Detarium microcarpum					
072101	Ekebergia senegalensis					
050604	Entada africana					
051706	Faidherbia albida					
061400	Ficus sp.					
093400	Gardenia sp.					
070403	Happoa undulata					
075507	Lannea acida					
075505	Lannea velutina					
053903	Lonchocarpus laxiflorus					
007203	Maerua angolensis					
007204	Maerua oblongifolia					
063502	Maytenus senegalensis					
008101	Moringa oleifera					
120101	Newbouldia laevis					
053305	Pterocarpus erinaceus					
075001	Spondias mombin					
032501	Sterculia setigera					
119801	Stereospermum kunthianum					
028004	Terminalia macroptera					
126509	Vitex madiensis					
053801	Xerodermis stuhlmannii					
065701	Ximenia americana					
068204	Ziziphus mucronata					
Espèces rares						
051710	Acacia sieberiana					
044001	Bauhinia rufescens					
025110	Eucalyptus sp.					
061439	Ficus platyphylla					
061410	Ficus sycamoros					
030411	Grewia bicolor					
000000	Inconnus					
074701	Mangifera indica					
049901	Parkia biglobosa					
094505	Pavetta oblongifolia					
050801	Prosopis africana					
086303	Strophantus sarmentosus					
082801	Strychnos spinosa					
048501	Tamaritodus indica					
028010	Terminalia avicennioides					

Tableau III.9 - Fourrages ligneux consommés par les bovins (B), les ovins (O) et les caprins (C) sur les parcours agropastoraux de Thyse Kayemor Sonkorong au Sénégal : variations saisonnières suivant les parcours fréquentés (cf. tableau III.8) (Friot, Guerin 1993)

Parcours saisonniers		Début de saison sèche, période post-récolte						Pleine saison sèche									Période de soudure : - fin de saison sèche - premières pluies									Saison des pluies								
Espèces		Bovin		Ovin		Caprin		Bovin			Ovin			Caprin			Bovin			Ovin			Caprin			Bovin			Ovin			Caprin		
Années		84	85	84	85	84	85	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86
Nombre d'observations des prises alimentaires (x 10)		102	112	30	81	21	76	230	138	93	102	79	80	90	68	97	85	71	50	42	37	48	46	32	39	163	47	152	83	44	97	76	53	124
Ligneux en p.100 du régime total		9	1	15	10	60	18	24	24	14	43	54	32	55	61	50	46	39	19	54	42	44	68	63	71	9	6	29	34	17	31	68	61	42
Codes		p.100 de la fraction ligneuse des régimes																																
Espèces significatives																																		
051707/08	Acacia macrostachya/ataxacantha			4	3	4	3	6	3	3	2	5	6	5	3	4	4	11	3		4	1	1	11	3	33	6	7	2	5	5	15	6	
051715	Acacia seyal					4	0				3	3		6	5	2					2	2	1								0		0	
002503	Annona senegalensis		17		7			0	1		1	0					1			1		2	0										0	
028201	Anogeissus leiocarpus			5		3		0	0		1	2	1	1		1	4	1		3		0	3	1	1		2			2	5		4	
072601	Azadirachta indica				33					1		1		0			0			0	1		3											
045108	Cassia sieberiana			2			0	5	3	4	0		1		0	0	2	2	7	2	1		1	0	0					2	0		0	
027609	Combretum glutinosum			2		1	14	12	5	4	6	12	6	9	21	4	12	25	16	14	18	2	13	22	4	1		8	7	8		10	15	7
027616	Combretum micranthum					2		0	2	1	0	1	0	0	1	2	1	2		1	2	1		2			4	2	3	0	3	3	1	
027608	Combretum nigricans	51	17	21		5		12	12	49	1	4	30		6	29	23	4	23	6	2	42	4	0	33	54	45	50	32	29	25	13	14	21
092001	Crossopteryx febrifuga																																	
051101	Dichrostachys cinerea	7		5	3	9	1	2	0		2	2	2	6	1	3		1	3	1		0	3	2	1	2		1	2	1	2	4	3	2
079721	Diospyros mespiliformis	5					0	2	2	1	2	3	0	1	1		1	5		2	4	7	2	5	5					1				
094901	Feretia apodanthera	5	17	18	11	8	16	6	2	11	1	4	16	3	6	5	7	3		12	12	13	8	5	8	22	13	20	20	22	39	14	15	30
038001	Fluggea virosa	2		3	2	3	2	1	0		1	1	1	4	1	1	1	0		5	4		5	3		2		1		2	2	1	1	
030417	Grewia tenax					1	0	1			1	1	0	0	2	1	4	2		4	5		4	1		4		2	5		9	7	0	7
027901	Guiera senegalensis						2	1	4	1	2	1	0		1	2		9	1	2	1	2	1	2			5	8	4	1	4	4	1	
001802	Hexalobus monopetalus						1	1		0			0				1	1		2	1		1	1		1								
037703	Hymenocardia acida																																	
064701	Icacina oliviformis						0												2	1	0	1											0	
095901	Mitragyna inermis				4		3	1		0	3		5	0		4	1	1	4		7	4	1	4	2					1	0	5	1	
043508	Neocarya macrophylla																																	
075902	Ozoroa insignis	1		5	4	2	8	6	10	9	21	10	3	15	12	4	11	12	8	15	6	3	14	8	4	2		0	1	21	3	6	7	6
044101	Piliostigma reticulatum	2		2	10	9	8	10	11	3	8	13	4	2	9	3	7	8	9	6	6	2	10	19	6	3		1	1	1	0	1	4	0
044102	Piliostigma thonningii	2		1	2	1	15	3	15	4	4	7	2	1	3	1	4	14	2	4	5	2	1	5	2			0		1	0	1	0	
075301	Sclerocarya birrea	2		3	0	3		1	1		3	2	2	2	0	1	1	0		1	3		3	1	0			1			4		0	
009702	Securidaca longepedunculata	5		16		12		9	5	2	8	10		5	2	1	5	1		1	4		4	4	0	1		0	2	1		7	2	1
068202	Ziziphus mauritina			3	6	22	13	0			12	5	10	26	15	15	0			2			6	4	1						1	1		2
Espèces peu fréquentes																																		
032901	Adansonia digitata	1						1	3			2	1		2				6					1										
051801	Albizzia chevalieri		17				0	1	1		0			1				1	0		2	0	1	2							0		0	
074801	Anacardium occidentale																																	
087107	Baissea multiflora														0																	0		
036302	Balanites aegyptiaca							1		1	0										0		0											
033002	Bombax costatum			1					1		1					0		1	0							1								0
089301	Calotropis procera																																	
027635	Combretum aculeatum																																	
027632	Combretum lecardii	3						1	1		1	2	2	1	1	0	1	0			0	3		2	0							0		0
071103	Commiphora africana																1				1				2			0			1	0		1

0 : espèces rarement consommées : moins de 0,5% de la fraction ligneuse du régime

Case vide : espèces non signalées comme consommées

Tableau III.9 - (suite)

Parcours saisonniers		Début de saison sèche, période post-récolte						Pleine saison sèche									Période de soudure : - fin de saison sèche - premières pluies									Saison des pluies									
Espèces		Bovin		Ovin		Caprin		Bovin			Ovin			Caprin			Bovin			Ovin			Caprin			Bovin			Ovin			Caprin			
Années		84	85	84	85	84	85	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	
Codes	Espèces	p.100 de la fraction ligneuse des régimes																																	
Espèces peu fréquentes (suite)																																			
044501	Cordyla pinnata			3		2	0	1	1	1	5	3	4	3	3	5	0	3	1	2	5	1	1	2				2	0	1	2	2	3	3	2
045801	Detarium microcarpum							0		0		0						1									2		0	1	1	0	3	2	
072101	Ekebergia senegalensis																																		
050604	Entada africana																																		
051706	Faidherbia albida					1							0									0													
061400	Ficus sp.			5		2		0	1				1		0	1	4		3	2		1	0					3			3				
093400	Gardenia sp.																																		
070403	Hannoa undulata	2		1			1	0	1																										
075507	Lannea acida															0		0		1		0		1											
075505	Lannea velutina									0									2			0	1	1						3			4		
053903	Lonchocarpus laxiflorus								0					0				0		1			1							3			4		
007203	Maerua angolensis			1	2	1	1	2	1		2		0	0	1	1		0				0	1	1							0	0	1		
007204	Maerua oblongifolia					0	0	0			1													1							0	0	1		
063502	Maytenus senegalensis																																		
008101	Moringa oleifera																																		
120101	Newbouldia laevis																																		
053305	Pterocarpus erinaceus							1	0		1	1					1		3	1		1					5			1		1	1		
075001	Spondias mombin					1																													
032501	Sterculia setigera						0											1			1		0				1		0	0	0	0	0		
119801	Stereospermum kunthianum	2		0	0			1											0				0				1	2		0	0	0	0		
028004	Terminalia macroptera	7		1			1	1			1			1	0			2			1		1	0		4				0		0	0		
126509	Vitex madiensis						1	0	1	0		0	0	1			0	1			2		0								0		0		
053801	Xeroderris stuhlmannii																																		
065701	Ximenia americana																																		
068204	Ziziphus mucronata			0		1	0															1		1							1	1			
Espèces rares																																			
051710	Acacia sieberiana									1	1		3							1				2					0						
044001	Bauhinia rufescens						0	1		1		0				0			1										7						
025110	Eucalyptus sp.																					2													
061439	Ficus platyphylla					1							1											1											
061410	Ficus sycomorus			0																2			1	1											
030411	Grewia bicolor												0													1									
074701	Mangifera indica																																		
049901	Parkia biglobosa						0	0		0		0				0																1			
094505	Pavetta oblongifolia						1										0											1							
050801	Prosopis africana						1	3	2			0	1	0	1							0										0	0		
086303	Strophantus sarmentosus							1														7		0								0	0		
082801	Strychnos spinosa				2	13	1				0		1		0	0	0					1							1	0	3	4	0		
048501	Tamarindus indica						0									0															0		0		
028010	Terminalia avicennioides	2		1		1	0	5	9		5	4	3	1	1		1	2	2	1	2		2	2							1	0	1		
000000	Inconnus	2				0		1		1	0				11	1	0			0		4	1		5					1		0	0		

0 : espèces rarement consommées : moins de 0,5 % de la fraction ligneuse du régime

Case vide : espèces non signalées comme consommées

Tableau III.10 - Indices de préférence (IP) saisonniers par les bovins, les ovins et les caprins des principales espèces fourragères ligneuses du terroir agropastoral de Thyssé Kayemor Sonkorong au Sénégal :
 les indices de préférence ne sont calculés que pour les espèces ayant une contribution supérieure à 1 p.100 dans au moins un des types de parcours fréquentés = espèces significatives (cf. tableau III.8).
 (Friot, Guérin 1993)

$$IP = \frac{\text{contribution spécifique dans le régime}}{\text{contribution spécifique dans le peuplement}} \quad (\text{Theurer 1976 - Tableau III.2})$$

Parcours saisonniers		Début de saison sèche, période post-récolte						Pleine saison sèche						Période de soudure : - fin de saison sèche - premières pluies						Saison des pluies																	
Espèces		Bovin		Ovin		Caprin		Bovin		Ovin		Caprin		Bovin		Ovin		Caprin		Bovin			Ovin			Caprin											
Années		84	85	84	85	84	85	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86	84	85	86			
Codes		Espèces																																			
Espèces significatives																																					
051707/08	Acacia macrostachya/ataxacantha	16,7	1,2	1,0	1,1	1,0	1,8	1,0	1,0	0,7	1,4	1,8	1,8	1,4	1,0	1,8	1,8	5,1	1,3		2,0	0,2	0,6	5,1	1,5	16,1	2,9	3,4	0,8	2,4	2,5	7,0	2,8				
051715	Acacia seyal				11,1	1,0		1,6		16,8	14,1		30,3	27,6	10,8							6,8	5,8	2,6							0,6		0,6				
002503	Annona senegalensis			6,7			0,3	0,9		1,7	0,3						1,6				2,6		4,8	1,3									0,3				
028201	Anogeissus leiocarpus						0,7	0,5		1,5	4,4	1,9	1,5		1,9	5,6	1,3				3,9	0,6	3,8	1,2	1,7		3,3			3,2	7,2		5,6				
072601	Azadirachta indica				52,8				2,4		1,4		0,3			0,3					0,6	2,3		5,3													
045108	Cassia sieberiana		1,2			0,2	6,7	4,0	4,5	0,3		0,9		0,4	0,5	2,6	3,7	10,5	2,7	1,6		1,9	0,6	0,5					3,1	0,5		0,2					
027609	Combretum glutinosum		0,1		0,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,6	0,1	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,0	0,3	0,5	0,1	0,0		0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2					
027616	Combretum micranthum				5,7		0,1	0,8	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,6	1,0	0,2	0,6		0,3		0,5	0,3		0,5			1,0	0,6	0,9	0,1	0,8	0,8	0,3				
027608	Combretum nigricans	8,3	2,7	3,4		0,7	1,1	1,0	4,2	0,1	0,3	2,6		0,6	2,5	1,7	0,3	1,8	0,4	0,1	3,2	0,3	0,0	2,5	4,1	3,4	3,8	2,5	2,2	1,9	1,0	1,1	1,6				
092001	Crossopteryx febrifuga																																				
051101	Dichrostachys cinerea	6,7		4,5	2,6	8,5	1,0	1,9	0,2		1,6	1,9	2,1	5,5	0,9	3,3		0,5	2,8	0,5		0,4	2,6	1,6	1,2	1,9		0,8	1,5	0,8	1,9	4,1	2,5	1,8			
079721	Diospyros mespiliformis	4,2				0,2	2,6	3,1	1,4	2,6	3,6	0,4	0,8	1,6		1,1	4,0		1,2	3,0	5,7	1,8	4,0	3,8					0,4								
094901	Feretia apodanthera	1,7	5,8	6,2	3,8	2,9	5,5	1,2	0,4	2,1	0,2	0,8	3,1	0,5	1,2	1,1	0,9	0,4		1,6	1,5	1,7	1,1	0,6	1,0	2,9	1,7	2,5	2,5	2,8	5,0	1,8	1,9	3,9			
038001	Fluggea virosa	7,3		10,5	4,8	9,5	6,3	6,5	2,2		5,4	4,3	4,3	20,0	7,0	7,6	1,9	0,6		14,5	12,9	15,5	9,4	4,8				3,6	5,8	7,8	1,6	3,9					
030417	Grewia tenax					0,1	0,0	0,1			0,1	0,2	0,1	0,0	0,4	0,2	2,9	1,4		3,1	3,5		3,1	0,6		2,8		1,7	3,5	6,4	5,3	0,2	4,9				
027901	Guiera senegalensis						1,7	1,0	3,0	0,5	1,6	0,7	0,1		0,8	2,4		8,8	0,5		2,2	1,3		2,0			4,5	7,6	4,0	0,5	4,4	4,2	1,2				
001802	Hexalobus monopetalus						1,5	3,1		0,5			0,7			1,2	0,7			2,6	0,7		0,7	1,0		1,3			1,0			0,3					
037703	Hymenocardia acida																																				
064701	Icacina oliviformis						0,0													0,2	0,1	0,0	0,1										0,0				
095901	Mitragyna inermis			12,7		9,8	3,8		1,6	15,7		26,5	1,1		22,2	2,3	1,6	12,0			21,3	13,9	3,2	11,6	6,5				2,3	1,0	15,8	1,6					
043508	Neocarya macrophylla																																				
075902	Ozoroa insignis	0,1		0,5	0,4	0,2	0,9	1,1	1,9	1,6	3,9	1,8	0,6	2,8	2,3	0,6	36,5	39,1	24,9	48,2	18,7	9,7	44,6	24,9	12,9	6,1		1,3	3,6	66,9	8,1	20,7	22,6	18,1			
044101	Piliostigma reticulatum	0,3		0,4	1,8	1,6	1,5	3,0	3,2	0,8	2,5	3,9	1,1	0,7	2,8	0,9	4,7	5,0	6,0	3,6	3,9	1,1	6,6	12,4	4,1	1,9		0,5	0,7	0,5	0,2	0,5	2,8	0,3			
044102	Piliostigma thonningii	0,7		0,3	0,5	0,4	4,6	1,7	7,8	2,1	2,3	3,8	0,8	0,5	1,5	0,6	2,8	11,5	1,5	3,0	4,2	1,5	1,0	4,0	1,3			0,3		1,1	0,2	0,6	0,2				
075301	Sclerocarya birrea	1,7		2,0	0,3	2,3		1,2	1,2		3,1	2,9	1,9	2,9	0,4	0,7																					
009702	Securidaca longepedunculata			12,5		9,2		5,5	3,3	0,9	5,0	6,5		3,4	0,9	0,4	2,5	0,5		0,4	2,0		2,1	2,0	0,2	0,5		0,1	0,9	0,4		3,4	1,2	0,3			
068202	Ziziphus mauritina			2,4	4,2	16,9	9,7	0,3			15,5	6,1	12,6	33,4	19,4	18,8	0,3						9,1	6,0	1,9				0,6		0,8	1,0		2,4			

Tableau III.11 - Peuplement ligneux¹ (nombre de souches par hectare), biomasse foliaire accessible (kg MS/ha) et composition botanique du régime des bovins, des ovins et des caprins en forêt de Tienfala de décembre 1990 à novembre 1991 (d'après A.R. Koné et Mamadou Laurine Duedhuou avec la collaboration de Lassine Coulibaly, de Amadou Yoro et de Boubou Koïta, 1992)

¹ décrit dans le détail au tableau II.14 du chapitre II

		FORMATIONS						BOVINS			OVINS			CAPRINS		
		I	II	III	IV	V	VI	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC
Nombre de ligneux (1) par hectare		9536	21361	9868	14238	9151	5296									
Biomasse foliaire accessible (#) (kg MS/ha)																
- fin saison des pluies (SP)		50	153	83	85	31	15									
- saison sèche fraîche (SSF)		10	35	17	18	5	1									
- saison sèche chaude (SSC)		14	54	26	21	5	3									
Nombre d'observations des prises alimentaires								650	1122	1257	859	1246	1259	1083	2217	2319
Régime herbacées (%)								96	90	75	85	85	56	24	24	8
Régime ligneux (%)								4	10	25	15	15	44	76	76	92
Code	Famille / Espèce	I du peuplement						I de la fraction ligneuse du régime								
a 044101	CAESALPINIACEAE Légumineuse <i>Piliostigma reticulatum</i>							4	1			1			1	1
044102	<i>Piliostigma thonningii</i>		1		1	2						1	*		2	*
044501	<i>Cordyla pinnata</i>	5	1	*	1	1			1	1			1	*		1
045108	<i>Cassia sieberana</i>		1	*	*	*	1				15	4	*	2	3	4
045801	<i>Detarium microcarpum</i>	1	7	*	7	6				7			2	4		2
045802	<i>Detarium senegalense</i>					1										
046301	<i>Afzelia africana</i>				*	*										
046501	<i>Daniellia oliveri</i>					1										
048501	<i>Tamarindus indica</i>				*	*					2					
049501	<i>Burkea africana</i>		*	1	1	2										
049901	MIMOSACEAE Légumineuse <i>Parkia biglobosa</i>									*						
050604	<i>Entada africana</i>			*	1	*				2		2		*	6	2
050801	<i>Prosopis africana</i>	1	1		3	1				5			*	3	1	2
a 051101	<i>Dichrostachys cinerea</i>	4	1	9	11	3			2	*	1	1	5	9	4	8
b 051101	<i>Dichrostachys glomerata</i>															
051502	<i>Mimosa pigra</i>											1	1		1	
051707	<i>Acacia macrostachya</i>	7	6	*	2	4								*		3
051708	<i>Acacia ataxacantha</i>			1												
051715	<i>Acacia seyal</i>								1	4		2	8	9	8	6
a 051718	<i>Acacia erythrocalyx</i>			*												
b 051718	<i>Acacia pennata</i>															
a 052402	FABACEAE Légumineuse <i>Pericopsis laxiflora</i>				3	1	*									
b 052402	<i>Afromorsia laxiflora</i>															
053301	<i>Pterocarpus lucens</i>	*	1	1	*	*		8		1				3		
053304	<i>Pterocarpus santalinoides</i>											7	5	1	8	8
053305	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	1	2		4	2			2					1	*	
001802	ANNONACEAE <i>Hexalobus monopetalus</i>	4	*	2	2	*										
002503	<i>Annona senegalensis</i>				1	2	*		1							*

Tableau III.11 - (suite 1)

Code	Famille / Espèce	% du peuplement						% de la fraction ligneuse du régime									
007402	CAPPARIDACEAE <i>Cadaba farinosa</i>						*										
007902	<i>Boscia angustifolia</i>				*		*										
a 007903	<i>Boscia senegalensis</i>															+	
009702	POLYGALACEAE <i>Securidaca longepedunculata</i>				2	8			2				+		2		+
a 027607 b 027607	COMBRETACEAE <i>Combretum molle</i> <i>Combretum velutinum</i>	2	7	*	3	1							+		+	+	+
027608	<i>Combretum nigricans</i>	29	5	22	1	1		12	10	16	4	7	9		+		4
027609	<i>Combretum glutinosum</i>	9	19		1	2	31		3	5	7	11	4				+
a 027610 b 027610	<i>Combretum fragrans</i> <i>Combretum ghasalense</i>			6													
027616	<i>Combretum micranthum</i>	2		9	2		1	4				1	+		2		
027632	<i>Combretum lecardii</i>				*	*	25			+	10	7	4		1	+	3
027701	<i>Pteleopsis suberosa</i>		2		*	7											
027901	<i>Guiera senegalensis</i>	12	11	4	11	15	2	12	2	8	13	8	4		1	+	+
028004	<i>Terminalia macroptera</i>	*	1		1	1		12	3	2			+				
028010	<i>Terminalia avicennioides</i>				*	4	4			1	1		1		+		
028201	<i>Anogeissus leiocarpus</i>					1											
029204	HYPERICACEAE <i>Psorospermum glaberrimum</i>					*											
030411	TILIACEAE <i>Grewia bicolor</i>			1													
030415	<i>Grewia flavescens</i>										1						
a 030421 b 030421	<i>Grewia venusta</i> <i>Grewia mollis</i>		6	6	14	11	*	23	3	10	3	2	6				+
033002	BOMBACACEAE <i>Bombax costatum</i>	6	*	*	1	*			34	3		1			2	2	+
036302	ZYGOPHYLLACEAE <i>Balanites aegyptiaca</i>									+							
037703	EUPHORBIACEAE <i>Hymenocardia acida</i>				*	2	*										
a 038001	<i>Securinea virosa</i>	9	11		4	7	31	12		3	21	2	4		11	2	9
a 061407 b 061407	MORACEAE <i>Ficus sur</i> Forsk <i>Ficus capensis</i>															4	2
a 061410 b 061410	<i>Ficus sycomorus</i> <i>Ficus gnaphalocarpa</i>								12	3		6	2	+	10		3
a 063502	CELASTRACEAE <i>Maytenus senegalensis</i>		*	31	1	3			2	1	1		1		2	2	5
065701	OLACACEAE <i>Ximenia americana</i>	1	1		1	3				3	2		3		1	+	1

Tableau III.11 - (suite 2 et fin)

Code	Famille / Espèce	% du peuplement						% de la fraction ligneuse du régime							
068202	RHAMNACEAE Ziziphus mauritiana		*			*	*	2		3	34	6	10	38	14
068204	Ziziphus mucronata						*			2		1	1		1
071501	MELIACEAE Khaya senegalensis				*			1							
071701	Pseudocedrela kotschy				*										
075301	ANACARDIACEAE Sclerocarya birrea		3		1	*		4	2	1	4	3	+	1	
075505	Lannea velutina			1		*	*								
075507	Lannea acida	*	*	*	1										
075510	Lannea microcarpa				*	*		4							
a 075902 b 075902	Ozoroa insignis Heeria insignis		*		1	*		1							+
079721	EBENACEAE Diospyros mespiliformis				*		*	1				+		1	
a 080901	SAPOTACEAE Vitellaria paradoxa		2		*	1	*	7	3	2	2	6	3	+	2
082801	LOGANIACEAE Strychnos spinosa	1	2		3	2	2	1	10	8		15	24	1	4
084602	APOCYNACEAE Saba senegalensis				1			4					+		
087107	Baissea multiflora					6									
089301	ASCLEPIADACEAE Calotropis procera						1			2	1		2	+	2
092001	RUBIACEAE Crossopteryx febrifuga	3	7			2		4	1	4		1			
093407	Gardenia erubescens		2	1	*										
093409	Gardenia ternifolia			*	*				+			+			+
a 094901	Feretia apodanthera	2		1		4	*	4	2	2		1	2	+	+
095901	Mitragyna inermis							4				1	1	1	4
a 096201	Nauclea latifolia									1					
a 097227 b 097227	Keetia cornelia Canthium cornelia											3			
126509	VERBENACEAE Vitex madiensis				7	2	*	8					1	1	1

SP : saison pluvieuse : juillet à octobre
 SSF : saison sèche froide : novembre à février
 SSC : saison sèche chaude : mars à juin

+ : peu appréciée à cette période (régime) < 1 p.100
 * : densité inférieure à 1 p.100
 # : biomasse foliaire en dessous d'une hauteur de 2 mètres

Tableau III.12 - Peuplement ligneux (nombre de souches par hectare et biomasse foliaire - cf. tableau II.15, chapitre II) et composition botanique du régime des bovins, des ovins et des caprins au pâturage sur la parcelle n°1 du ranch d'embouche de la SRZ de Niono, d'octobre 1990 à septembre 1991 (d'après I. Kassambara, B. Tounkara)

			FORMATIONS			BOVINS			OVINS			CAPRINS		
			I*	II*	III*	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC
Nombre de ligneux (1) par hectare			93	1196	1234									
Biomasse foliaire totale (kg MS/ha) :			42	101	873									
- fin saison des pluies (SP)			8	26	197									
- saison sèche fraîche (SSP)			1	0.2	68									
- saison sèche chaude (SSC)														
Nombre d'observations des prises alimentaires						1680 à 2400 suivant l'espèce et la saison								
Régime herbacées (%)						98	88	88	65	60	77	12	10	12
Régime ligneux (%)						2	12	12	35	30	23	88	90	88
Code	Famille / Espèce	% du peuplement	% de la fraction ligneuse du régime											
044001	CAESALPINIACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Bauhinia rufescens</i>													
a 044101	<i>Piliostigma reticulatum</i>						1	2		2	2		+	1
b 051101	MIMOSACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Dichrostachys glomerata</i>		1	1					9	3	+	6	1	+
051703	<i>Acacia senegal</i>	12		2		+	19	1	6	7	4	9	8	9
b 051706	<i>Acacia albida</i>													
051708	<i>Acacia ataxacantha</i>								+	+	+	1	+	+
051712	<i>Acacia nilotica</i>					+	+		+	5	3	1	7	10
b 051713a	<i>Acacia raddiana</i>									1				
051715	<i>Acacia seyal</i>	10		42			2	1	16	24	16	35	36	28
053110	FABACEAE <i>Légumineuse</i> <i>Dalbergia melanoxylon</i>													
053301	<i>Pterocarpus lucens</i>		75	12		53	22	6	27	8	2	16	1	1
007201	CAPPARIDACEAE <i>Maerua crassifolia</i>						+		+	+				
007402	<i>Cadaba farinosa</i>		+	+		10	21	6	1	+	1	+	+	
007204	<i>Maerua oblongifolia</i>													
007308	<i>Capparis tomentosa</i>							2		+	+	+	1	1
007902	<i>Boscia angustifolia</i>		2				10	2	1	+				
b 027610	COMBRETACEAE <i>Combretum ghasalense</i>	10		1		20	2	38	1	2	7	+	1	3
027616	<i>Combretum micranthum</i>		4	3			1	8	3	4	2	+	1	1
027635	<i>Combretum aculeatum</i>	1	4	3			1		8	+	1	2	1	1
027901	<i>Guiera senegalensis</i>	9	1	12		4	4	25	7	6	45	1	2	13
028201	<i>Anogeissus leiocarpus</i>						+		+	+	+			1
030411	TILIACEAE <i>Grewia bicolor</i>		5	4					5	4	1	1	+	
030415	<i>Grewia flavescens</i>		+							+	1			

SP : saison pluvieuse : juillet à octobre
 SSF : saison sèche froide : novembre à février
 SSC : saison sèche chaude : mars à juin

+ : densité et contribution au régime inférieure à 1 p.100
 * : I, II, III : formations décrites au tableau 15 du chapitre II.

Tableau III.12 - (suite)

Code	Famille / Espèce	FORMATIONS			BOVINS			OVINS			CAPRINS		
		I*	II*	III*	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC	SP	SSF	SSC
		% du peuplement			% de la fraction ligneuse du régime								
032901	BOMBACACEAE <i>Adansonia digitata</i>					2			3	+		1	
033002	<i>Bombax costatum</i>			+				+	2	+			
036302	ZYGOPHYLLACEAE <i>Balanites aegyptiaca</i>	6		5		1		1	3	1	+	1	2
061701	MORACEAE <i>Antiaris africana</i>	1											
068202	RHAMNACEAE <i>Ziziphus mauritiana</i>	2		13		5	2	8	20	8	25	36	23
071103	BURSERACEAE <i>Commiphora africana</i>	17	1	1				6			2		
075301	ANACARDIACEAE <i>Sclerocarya birrea</i>	3		+	10	1	5		+	1	+	+	2
075507	<i>Lannea acida</i>		+										
089301 091202	ASCLEPIADACEAE <i>Calotropis procera</i> <i>Leptadenia hastata</i>	2 27							1	1	+	1	1
a 094901	RUBIACEAE <i>Feretia apodanthera</i>		7			1		1	2	+	1	1	
095901	<i>Mitragyna inermis</i>						2		3	5		1	4

SP : saison pluvieuse : juillet à octobre
 SSF : saison sèche froide : novembre à février
 SSC : saison sèche chaude : mars à juin

+ : densité et contribution au régime
 inférieure à 1 p.100
 * : I, II, III : formations décrites au
 tableau 15 du chapitre II.

Tableau III.13 - Fourrages ligneux consommés en saison sèche par les bovins, ovins et caprins sur la parcelle de Karder (A. Ickowicz), 1994) (Exemple : les mêmes résultats sont disponibles pour les trois formations du ranch de Bachoum décrites au tableau II.17 du chapitre II)

		Fourrage disponible /station pâturage			10 / 91 à 11 / 91			12 / 91 à 01 / 92			02 / 92 à 03 / 92			04 / 92 à 05 / 92			06 / 92 à 07 / 92												
					Disponible (10/92)		Régime %		Disponible (12/92)		Régime %		Disponible (02/93)		Régime %		Disponible		Régime %		Disponible		Régime %						
XPe	XR	BH	Ph	BH	B	O	C	Ph	BH	B	O	C	Ph	BH	B	O	C	Ph	BH	B	O	C							
Fourrages herbacés : - graminées - légumineuses - autres dicotylédones - ensemble							6 18 76 100	1 1 95 97	0 13 72 85			71 11 17 99	3 7 86 96	0 1 61 62			83 5 11 99	28 1 67 96	12 1 59 72			47 0 8 55	41 0 28 69	2 0 14 16			26 0 4 30	53 1 34 88	4 0 9 13
Ensemble des fourrages ligneux : N/ha kg/ha		211		14			0	3	15			1	4	38			1	4	28			45	31	84			70	12	87
Nombre d'observations des prises alimentaires					> 600			> 550 B > 1000			800 B > 1000			C > 650 > 700 B > 950			O > 700 > 550												
Code	Famille / Espèce	XPe	XS	XDM	Ph	% BA	B	O	C	Ph	% BA	B	O	C	Ph	% BA	B	O	C	Ph	% BA	B	O	C	Ph	% BA	B	O	C
044001	CAESALPINIACEAE Légumineuse Bauhinia rufescens																												
051702	MIMOSACEAE Légumineuse Acacia laeta																												
051703	Acacia senegal	4	10	0,3	FeFr	0,3	0	12	6	FeFr	0,2	0	8	3	Fr	0,0	0	3	2	0	0,0	0	2	1	FeFr	0,2	0	0	2
a 051706 b 051706	Faidherbia albida Acacia albida	1	18	3,0		0,0	0	0	6	Fe		0	24	8	Fe Fl	4,9	0	0	4	Fe Fr		0	0	1		0,0	0	0	0
051712	Acacia nilotica																												
a 051713a b 051713a	Acacia tortilis ssp raddiana Acacia raddiana	11	4	21,0	Fe Fr	21,9	0	36	45	Fe Fr	20,9	0	12	8	Fe Fr	16,7	0	0	4	0	0,0	2	3	9	Fe Fl	28,3	1	6	9
051715	Acacia seyal																												
053110	FABACEAE Légumineuse Dalbergia melanoxylon																												

XPe : effectifs en p.100 du peuplement

XS : en p.100 de la surface de projection des couronnes

XBM : en p.100 de la biomasse maximale accessible des ligneux

XBA : biomasse accessible

BH : biomasse herbacée estimée (MS/ha)

Ph : stade phénologique Fe (Feuillaison), Fl (floraison), Fr (fructification), P (paille)

XF : taux de feuillaison en p.100 de la feuillaison maximale

R : Recouvrement en p.100

Régime % : espèces ligneuses en p.100 de la fraction ligneuse du régime

B : Bovins O : Ovins C : Caprins

Tableau III.13 - (suite et fin)

Code	Famille / Espèce	XPe	ZS	XDM	Ph	X BA	B	O	C	Ph	X BA	B	O	C	Ph	X BA	B	O	C
007201	CAPPARIDACEAE Maerua crassifolia	+					0	8	0								0	0	0
007301	Capparis decidua																		
b 007306	Capparis corymbosa																		
007402	Cadaba farinosa	+					0	6	0										
a 007903	Boscia senegalensis																		
030410	TILIACEAE Grewia mollis																		
036302	ZYCOPIVILLACEAE Baianites aegyptiaca	30	48	63.0	Fe F1Pr	65.6	0	36	26	Fe	61.4	0	24	42	Fe	65.7	0	3	21
065401	SALVADORACEAE Salvadora persica																		
068202	RHAMNACEAE Ziziphus mauritiana	3	8	11.0	Fe Pr	10.9	0	6	13	Fe Pr	17.5	0	0	5	Fe Pr	12.8	0	0	7
071103	BURSERACEAE Commiphora africana	1	2	1.0		1.3	0	0	0			0	0	0		0.0	0	0	0
075502	ANACARDIACEAE Lannea humilis																		
089301	ASCLEPIADACEAE Catolopis procera	+					0	0	2								0	1	0
a 091201	Leptadenia pyrotechnica	50	10	0.0			0	6	1								0	36	11
a 112501	BORAGINACEAE Cordia sinensis																		
141801	ERICACEAE Hyphaene thebaica	+															96	0	0
							50	0	0			100	3	7			97	2	0

XPe : effectifs en p.100 du peuplement

ZS : en p.100 de la surface de projection des couronnes

XDM : en p.100 de la biomasse maximale accessible des ligneux

ZUA : biomasse accessible

BUI : biomasse herbacée estimée (MS/ha)

Ph : stade phénologique Fe (feuillaison), Fl (floraison), Fr (fructification), P (paille)

XF : taux de feuillaison en p.100 de la feuillaison maximale

R : Recouvrement en p.100

Régime X : espèces ligneuses en p.100 de la fraction ligneuse du régime

U : Bovins O : Ovins C : Caprins

BIBLIOGRAPHIE

- BODJI N'GUESSAN (C.), KORE (R.), N'GUESSAN (A.) - 1993. Projet ST2/215 - Rapport final - Document de travail - Bouaké. IDESSA.
- DIALLO (MCB), GUERIN (H.), FREYCON (V.), RICHARD (D.) - 1993. Détermination du régime des bovins exploitant des parcours agropastoraux soudano-sahéliens (Sénégal) : variations des teneurs en épidermes végétaux des fèces. *Annls. Zootech.* 42 : 194. (Elsevier/INRA).
- DICKO (M.S.) - 1980. The contribution of browse to cattle fodder in the sedentary system on the "Office du Niger",
In: LE HOUEROU (H.N.) éd. Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Ababa, Ethiopia. 8-12 août 1980, CIPEA. p. 307-314.
- FRIOT (D.), GUERIN (H.) - 1990. Ingestion des espèces ligneuses par les petits ruminants au pâturage en Afrique tropicale sèche : comparaison entre les ovins et les caprins. Communication à la 41e réunion de la Fédération européenne de Zootechnie - Toulouse, 9-12 juillet 1990.
- FRIOT (D.), GUERIN (H.) - 1993. Rapport final projet ST2/215 - Document de travail - Dakar. ISRA.
- GUERIN (H.), FRIOT (D.), MBAYE (Nd), RICHARD (D.), DIENG (A.) - 1988. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 41 (4) : 427-440.
- ICKOWICZ (A.) - 1994. Approche dynamique du bilan fourrager appliquée à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse d'Université. Université Paris XII. Paris, Créteil, Val de Marne (en cours de publication).
- KASSAMBARA (I.) - 1992. Rapport semestriel du projet CCE-DGXII - ST2 - 215 sur les fourrages ligneux.
- KONE DEMBELE (A.R.) - 1992. Rapport semestriel du projet CCE-DGXII - ST2 - 215 sur les fourrages ligneux.
- KOUONMENIOC (J.) - 1990. Les ligneux fourragers au Cameroun : productivité et intérêt pour la production animale en région guinéenne. Thèse Doctorat Université Paris Sud XI Orsay. 191 p.
- KOUONMENIOC (J.) - 1993. Rapport final du projet ST2/215 - Document de travail - Station de recherches zootechniques et vétérinaires de Nkolbisson - IRZV - Yaoundé, Cameroun. 24 p.

- MAC CRACKEN (J.G.), HANSEN (R.M.) - 1981. Diets of domestic sheep and other large herbivores in South central Colorado. J. of Range Mgmt., 34 (3): 242-243.
- NOLAN (T.), CONNOLY (J.), SALL (C.), GUILLON (L.M.) - 1991. Some aspects of mixed animal species grazing under semi and rangeland conditions. IVe Congrès international des Terres et Parcours. Montpellier (France). p. 650-652.
- OWEN-SMITH (N.), COOPER (S.M.) - 1987. Palatability of woody plants to browsing ruminants in a south African Savanna. Ecology, 68 (2) : 319-331.
- SCHWARTS (C.C.), ELLIS (J.E.) - 1981. Feeding ecology and niche separation in some native and domestic ungulates on the shortgrass prairie. J. of applied Ecology, 18 : 343-353.
- SQUIRES (V.R.) - 1982. Dietary overlap between sheep, cattle and goats when grazing in Common. J. of Range Mgmt., 35 (1) : 116-119.
- TEZENAS DU MONTCEL (L.) - 1994. Ressources fourragères et alimentation des ruminants domestiques en zone sud sahélienne ; relation avec les techniques de conduite (Burkina Faso, Yatenga). Thèse de doctorat d'Université Paris Sud XI : 159 p.
- THEURER (C.B.), LESPERANCE (A.L.) WALLACE (J.D.) - 1976. Botanical composition of the diet of livestock grazing native ranges. A review Technical Bulletin 233, Agricultural Experiment Station - University of Arizona. 18 p.

CHAPITRE IV

RECOLTE ET COMMERCIALISATION DES FOURRAGES LIGNEUX

EN REGIONS PERIURBAINES

CCE.DGXII - ST2 - 1994. Récolte et commercialisation des fourrages ligneux en régions périurbaines - chapitre IV *in*: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons Alfort, CIRAD-EMVT.

INTRODUCTION

Malgré la faible activité consacrée à ce thème dans le cadre du projet ST2/215, il a été retenu de maintenir un chapitre sur la récolte et la commercialisation des fourrages ligneux. En effet, le choix des espèces par les producteurs constitue un indice important pour leur classement suivant leur intérêt zootechnique. De plus, les espèces concernées doivent être l'objet d'une attention particulière au plan de la gestion des ressources et de l'aménagement en agroforesterie.

Ce texte est donc essentiellement constitué d'éléments bibliographiques complétés par quelques informations réunies par les partenaires du projet ST2/215.

Au Sénégal, le commerce de fourrages concerne principalement la fane d'arachide mais les gousses de *Faidherbia albida* ainsi que, secondairement celles de *Acacia senegal*, *A. nilotica*, *A. seyal* sont vendues le long des voies de communication en saison sèche.

Au Tchad, comme au Niger, les pailles naturelles de brousse ou les graminées de bas-fonds humides dominent le marché des fourrages.

Les principales informations relatives au commerce des fourrages ligneux, concernent parmi les pays participant au projet ST2/215, la Côte d'Ivoire, le Cameroun et le Mali.

Au Nord du Cameroun, Onana et Rippstein (non publié) ont enregistré tout au long de l'année les espèces commercialisées dans la ville de Garoua : au total une trentaine, parmi lesquelles, *Ficus sycomorus* (ou *F. gnaphalocarpa*) est réellement dominante comme le confirme Sandrine Dury (1991) (encadré 1) en précisant qu'en zone de montagne, dans la région de Marana, une autre espèce, *Ficus abutilifolia*, remplissait les mêmes fonctions.

Ficus gnaphalocarpa fut la seule espèce ligneuse utilisée à Garoua pour l'embouche de moutons de Tabaski, d'avril à juin 1992. Il était associé dans les rations à diverses espèces d'*Echinocloa*, principalement *E. stagnina* (bourgou) : le prix par kg MS du bourgou était deux fois supérieur à celui du Ficus (Chevassus 1992).

L'exploitation du *Ficus gnaphalocarpa* dans les environs de Garoua est si intense que, pour Onana (1992), l'espèce est menacée. Il lui consacre d'ailleurs des travaux de recherche relatifs à sa multiplication et à sa gestion.

En Côte d'Ivoire, Bodji et Nguessan (1989) ont inventorié 37 espèces commercialisées sur les marchés des centres urbains.

Parmi celles-ci, six espèces furent exclusivement rencontrées sur les marchés du sud du pays dans la région d'Abidjan : *Carpolobia lutea*, *Chrysobalanus orbicularis*, *Chrysophyllum welwitschii*, *Napoleona vogelii*, *Ouratea flava*, *Spondias monbin*.

Parmi les autres, neuf ne se rencontrent que secondairement sur les marchés du nord et du centre du pays : *Allophyllus africanus*, *Annona senegalensis*, *Blighia sapida*, *Gmelina arborea* (cultivé), *Guiera senegalensis*, *Khaya senegalensis*, *Mangifera indica* (cultivé), *Morinda lucida*, *Strychnos innocua*.

En 1992, Bodji et Ngoran ont procédé sur le marché de Bouaké à une enquête sur la commercialisation des ligneux pour l'alimentation du bétail et la pharmacopée. Le tableau IV.1 expose la répartition mensuelle des récoltes et des ventes des 16 espèces utilisées pour l'alimentation des ovins et des caprins pendant le premier semestre de 1992.

Les sujets d'*Antiaris africana*, espèce exploitée durant toute la période couverte par l'étude (janvier à juin), sont des arbres d'une hauteur souvent supérieure à 10 m dont l'exploitation difficile et la très bonne réputation fourragère justifient des prix plus élevés que pour les autres espèces : 50 p.100 de plus, par exemple, que des espèces appréciées comme *Ficus exasperata* ou *Tephrosia bracteolata*, mais cependant 25 p.100 de moins que des graminées vertes, rares en saison sèche.

Tableau synthétique des propriétés des principaux ficus

UTILISATIONS		<i>abutilifolia</i>	<i>dicranostyla</i>	<i>platyphylla</i>	<i>polita</i>	<i>sur</i>	<i>sycomorus</i>	<i>thonningii</i>
Conso.	frais	2	2	2	1	1	3	4
de fruits	secs	0	?	1	?	0 ou 1	3	4
Conso.	fraîches	0	4	1	0	0	3	1
de feuilles	séchées	0	4	0	0	0	2	1
bois	combustible	3	1	1	1	?	4	2
	construction	0	1	3	4	?	2	2
fourrage		4	2	0	1	2	4	3
pharmacopée		2	1	3	3	4	2	2
clôture		0	0	0	1	0	0	4
ombrage		2	2	3	4	1	3	4
Symbolique		2	1	4	3	4	2	4
autres		Terrasses	*gutta-percha*					
REPARTITION								
Mandaras et piedmonts		4	4	2	1	2	2	1
Plaines		0	0	4	3	1	4	3
région de Poli		1	1	3	2	3	4	4
BIOLOGIE								
bouture		0	0	2	4	1	1	4
épiphyte		0	0	3	1	0	0	4
taille moyenne		5m	10 m	20m	12m	3m	20m	15m
nombre de générations de figues par arbre et par an		1 ou 2	1 ou 2	2	2 ou plus	4 et plus	1 ou 2	3 et plus

LEGENDE

UTILISATIONS			
4	espèce	le plus souvent	utilisée
3	"	fréquemment	"
2	"	occasionnellement	"
1	"	très rarement	"
0	"	jamais	"

REPARTITION			
4	espèce	très fréquente	dans cette zone géographique
3	"	courante	"
2	"	occasionnelle	"
1	"	très rare	"
0	"	jamais observée	"

Fourrage

Les animaux (zébus, chèvres, moutons) pâturent librement pendant la saison sèche. Les pâturages ne donnent jamais suffisamment d'herbe pour toute la saison et les feuilles des arbres deviennent la seule ressource disponible. Partout on émonde les branches que les bêtes viennent pâture sur place. Le bois sera ensuite récupéré. En saison pluvieuse, le bétail est enfermé dans des cases dans les Mandara, parqué la nuit dans des corrales dans la région de Poli ou étroitement surveillé en plaine. En montagne, il faut alors lui apporter la nourriture, que l'on ramasse après le travail des champs. Parmi les *Ficus*, *F. thonningii* et *sycomorus* sont les plus répandus comme arbres à fourrage. *Ficus cordata*, *abutilifolia* et *glumosa*, tiennent également une grande place dans les Mandara. *Ficus sur* est aussi apprécié. Les fruits de *F. polita*, *abutilifolia* ou *thonningii* (Guidar) ou *F. sycomorus* (Doupa) peuvent être donnés au petit bétail.

S'il me fallait indiquer les espèces les plus adaptées à certaines utilisations, je donnerais la liste suivante :

Ficus dicranostyla pour les brèdes.

Ficus abutilifolia (montagne) et *F. sycomorus* (plaines) pour le fourrage.

Ficus polita, *platyphylla* et *thonningii* pour l'ombrage et les haies vives.

F. sur surtout, *sycomorus*, *platyphylla*, *thonningii*... pour les fruits.

Tableau IV.1 - Espèces ligneuses et graminées commercialisées sur le marché à bétail de Bouaké suivant les mois (Bodji et Ngoran 1992)

Code EMVT	Espèces	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
051804	<i>Albizzia lebeck</i>	-	-	+	-	-	-
051807	<i>Albizzia zygia</i>	+	+	+	+	+	+
002503	<i>Annona senegalensis</i>	-	-	-	+	-	-
061701	<i>Antiaris africana</i>	+	+	+	+	+	+
036506	<i>Bridelia ferruginea</i>	-	-	-	-	+	+
059603	<i>Desmodium velutinum</i>	-	-	-	-	+	+
b 061407	<i>Ficus capensis</i>	+	+	+	+	-	+
061403	<i>Ficus exasperata</i>	+	+	+	+	+	+
b 061410	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	-	+	+	+	-	-
061409	<i>Ficus vallis-choudae</i>	-	-	-	-	-	-
044201	<i>Griffonia simplicifolia</i>	+	+	+	-	+	-
097703	<i>Morinda lucia</i>	+	+	+	-	-	+
b 037903	<i>Phyllanthus discoideus</i>	-	+	+	+	+	+
053305	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	-	+	+	+	+	+
a 038001	<i>Securinega virosa</i>	-	-	-	+	+	+
054415	<i>Tephrosia bracteolata</i>	-	-	-	-	+	+
163729	<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	+	+	+
163722	<i>Andropogon tectorum</i>	-	-	-	-	-	-

Pour satisfaire à la demande, les collecteurs d'*Antiaris africana* émondent parfois la totalité des houppiers, ce qui peut entraîner la mort des arbres ou une reprise difficile comme pour *Ficus exaspera* ou *Afzelia africana*.

Les auteurs de l'enquête ont réuni les éléments nécessaires à une évaluation des flux de fourrage sur le marché à bétail de Bouaké.

Trente six coupeurs-vendeurs livrent à bicyclette quotidiennement deux chargements de 20 bottes de 2,5 kg en moyenne soit au total 3 600 kg de fourrage vert ou 1,5 tonne de matière sèche par jour. Le revenu des coupeurs-vendeurs a été estimé entre 1 500 et 2 250 F CFA par jour alors que celui des vendeurs d'herbe est évalué à 3 000 F CFA par jour, l'herbe étant moins abondante sur le marché (disponibilité en herbe de qualité en saison sèche).

Les résultats de l'enquête ont aussi fourni des informations sur l'origine socioprofessionnelle des coupeurs-vendeurs : il s'agit, le plus souvent, d'hommes immigrés de moins de 40 ans ayant une double activité (artisans ou ouvriers agricoles).

A Korhogo, la principale espèce observée sur le marché à bétail est, comme à Garoua, le *Ficus gnapholocarpa*.

Au Mali, dès 1981, Dicko et Sangare (in Dicko et Sikena 1991, encadré 2) avaient évalué l'importance du commerce des fourrages ligneux sur le marché de Niono.

Le *Pterocarpus lucens* représentait alors 68 p.100 des ventes annuelles de fourrage (95 p.100 des ventes de ligneux), mais seulement 37 p.100 de leur produit financier. Les fanes de légumineuses (arachide, niébé) avaient, alors, un prix alors dix fois plus élevé que celui des ligneux. Le prix des graminées était supérieur de 30 p.100 à celui des ligneux conformément à ce qui a été observé à Bouaké en 1992 (ci-dessus).

Kassambara et Goita, qui ont repris certains éléments de l'enquête en 1990, n'ont pas observé d'écarts de prix importants entre les différents types de fourrage.

En plus des quatre espèces désignées par Dicko et Sikena (1988), ils signalent l'exploitation par les paysans de *Khaya senegalensis* pour leurs petits ruminants. Ils soulignent cependant la gestion prudente de cette espèce et l'absence de commercialisation.

Une étude de la filière des fourrages ligneux de la région de Bamako a été conduite par Anderson *et al.* (1994). Ils évaluent les entrées de fourrages en ville à 6.5 tonnes par jour et à 3.8 tonnes respectivement en saison des pluies et en saison sèche.

Ce commerce serait assuré par environ 80 cyclistes transportant des charges de 70 kg collectées dans 52 villages des environs de Bamako jusqu'à des distances atteignant 30 km du centre de la ville. Leur revenu de l'ordre de 2 500 F CFA par jour en 1992 est comparable à celui estimé à Bouaké (ci-dessus).

Encadré 2 - Extrait de Dicko et Sikena 1991 : Fodder trees and shrubs in range and farming systems in dry tropical Africa. Proc. of the FAO expert consultation held at the Malaysian agricultural Research and Development Institute (MARDI in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 octobre 1991 : 27-41.

FODDER TREES AND SHRUBS IN FARMING SYSTEMS

Exploitation of fodder trees and shrubs on rangelands

In addition to the exploitation *in situ* by domestic ruminants, rangeland fodder trees and shrubs are used for marketing purposes. They are also invaluable as consumable goods, drugs. Additionally, they are considered as embodiments of supernatural power.

In the Sahelian zone of West Africa, selling fodder is quite lucrative, as shown by the study of Dicko and Sangaré (1981) (Table 3).

Table 3 indicates the predominance of browse in terms of types of fodder presented (4 out of 7) as well as quantity (522 out of 674 tons DM). The highest weight (458 tons) was recorded for *Pterocarpus lucens*. If one assumes a leaf off-take of 0.2 tons DM per hectare from woodlands of *Pterocarpus lucens* whose productivity ranges from 0.4-3.5t DM/ha, one arrives at exploited areas totalling about 23 Km².

TABLE 3. Estimated quantities (in tons DM) and values (in US dollars)* of browse and crop residues presented for sale at Niono market, Mali, 1981.

Fodder from	Quantity		Value	
	tons	%	US dollars	%
<i>Pterocarpus lucens</i> ^a	458	67.9	10734	36.7
<i>Pterocarpus erinaceus</i> ^a	4.5	0.7	292	1.0
Mixture of <i>Ipomea</i> spp. ^{a,b}	51.6	7.6	3033	10.4
<i>Hippocratea africana</i> + <i>Oxystelma bornouense</i> ^c	8.1	1.2	238	0.8
<i>Ischaemum rugosum</i>	94.2	14.0	3157	10.8
<i>Arachis hypogea</i>	17.2	2.6	3936	13.4
<i>Vigna unguiculata</i>	40.0	6.0	7883	26.9

* 1 US Dollar = 500 Mali franc in 1981

^a leaves of shrubs and trees

^b mixture of *Ipomea eriocarpa*, *I. acanthocarpa* and *I. coccinosperma*

^c mixture of *Hippocratea africana* and *Oxystelma bornouense*

Source: Dicko and Sangaré, 1981

The results also demonstrate that to farmers, browse leaves are not as valuable as the hay from cropped legumes. The browses were 8 to 10 times cheaper than the hays of groundnut (*Arachis hypogea*) and cowpea (*Vigna unguiculata*). However, despite this low cost, the leaves of shrubs and trees had an estimated value of 14,297 US dollars (Table 3).

Assuming that about 20 farmers were involved in the transactions¹ and that three quarters of the browse presented was sold, the average cash income per fodder trader would be about 45 US dollars per month. This is 50% more than the monthly salary of a casual worker in the zone. In dry West Africa, selling fodders is a specialized activity in its own right. The trade flourishes mainly during the 2 to 3 months preceding the Muslim celebration of "Tabaski".

L'essence la plus exploitée est le *Pterocarpus erinaceus*, mais d'autres essences sont également vendues : *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus santhiainoides*, *Ficus gnaphalocarpa* et *Khaya senegalensis*. Bien qu'abondantes dans les environs de Bamako, les dernières seraient moins recherchées car leur feuillage dense et lourd rend le transport plus pénible (Anderson *et al.* 1994).

Les auteurs de l'enquête font état de réelles pratiques de gestion : les exploitants laisseraient le plus souvent des branches intactes dans le sommet du houppier et certains déclarent exploiter annuellement les mêmes arbres depuis plus de cinq ans. La coupe et le commerce des ligneux sont assurés par des citoyens ayant des accords informels mais à long terme avec les villageois. En revanche, la collecte dans les forêts classées, clandestine le plus souvent, serait plus anarchique.

C'est pour cette raison qu'en 1992, le projet "Opération, Aménagement et Productions forestières" a élaboré et discuté avec les exploitants des propositions relatives à des contrats de gestion.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON J., BERTRAND A., KONANDJI H. - 1994. Le fourrage arboré à Bamako: production et gestion des arbres fourragers, consommation et filières d'approvisionnement. *Sécheresse* 5 (2) : 99-105.
- BODJI N.C., N'GUESSAN A.A. - 1989. Les fourrages ligneux utilisés pour l'affouragement des ovins et caprins en Côte d'Ivoire : Inventaire - Etudes et Synthèses de l'IEMVT n° 30, 265-283.
- BODJI N.C., NGORAN F. - 1992. Impact socio-économique de la commercialisation des fourrages ligneux sur le marché à bétail de Bouaké. Rapport semestriel projet CCE-ST2-IDESSA-DRA, Bouaké.
- CHEVASSUS N. - 1992. Enquête technico-économique sur l'embouche ovine en période de Tabaski à Garoua (Nord Cameroun). Mémoire DESS "Productions animales en régions chaudes" - IEMVT-INAPG-ENVA-MNHN - Maisons Alfort, 62 p. + annexes.
- DICKO et SIKENA - 1991. Fodder trees and shrubs in range and farming systems in dry tropical Africa. Proc. of the FAO expert consultation held at the Malaysian agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia, 14-18 octobre 1991 : 27-41.
- DURY S. - 1991. Approche ethnobotanique des Ficus au nord du Cameroun. Montpellier, ENSAM - UNESCO, 53 p. + annexe.
- KASSAMBARA I., GOITA I. - 1994. Commercialisation des fourrages ligneux dans la région de Niono. *in* : Rapport final du projet ST2/215 SRZ de Niono - IER.
- ONANA J. - 1992. Etude monographique d'un fourrage ligneux du Nord Cameroun *Ficus sycomorus* L. subsp. *gnaphalocarpa*. I. multiplication et croissance. REMVT XLV (Nouvelle série) 2 : 191-196.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. This includes both traditional manual methods and modern digital technologies, highlighting the benefits of each approach.

3. The third part focuses on the role of human resources in the data collection process. It discusses how training and support for staff can improve the quality and reliability of the data collected.

4. The fourth part addresses the challenges and limitations of data collection. It identifies common issues such as data quality, access, and security, and provides strategies to overcome these challenges.

5. The fifth part discusses the importance of data security and privacy. It outlines the measures that should be taken to protect sensitive information and ensure compliance with relevant regulations.

6. The sixth part provides a summary of the key findings and recommendations. It emphasizes the need for a continuous and iterative process of data collection and analysis to ensure the organization remains up-to-date and effective.

CHAPITRE V

ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES LIGNEUX ANALYSES AU LABORATOIRE COMPOSITION CHIMIQUE ET DEGRADABILITE ENZYMATIQUE

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Cameroun	J. Aboubakar NJOYA ¹ , Joseph ONANA ¹ , Samuel YONKEU ² , Henri Dominique KLEIN ¹⁰
Côte d'Ivoire	Clément BODJI N'GUESSAN ³
France	Albert DUCHE ⁴ , Patrice LEFEVRE ⁴ et leurs collaborateurs Danièle BERDON, Geneviève BERNARD, Mohamed ELDJENDOUBI
Mali	Anna Réjane KONE DEMBELE ⁵ Ibrahima KASSAMBARA ⁶
Sénégal	Safiétou TOURE FALL ⁷ , Dominique FRIOT ⁷
Tchad et	Alexandre ICKOWICZ ⁷ , Oueddo DASSERING ⁸ avec la collaboration de David MINAINGAR
au Burkina Faso	Denis DEPOMMIER ⁹
en Nouvelle Calédonie	Christian CORNIAUX ¹⁰ , Nathalie DURAND ¹⁰ , Sébastien LEBEL ¹⁰

¹ SRZV de Garoua - IRZV - BP 1073 - Garoua, Cameroun.

² CRZ de Wakwa - IRZV - BP 65 - N'Gaoundéré, Cameroun.

³ DRA-IDESSA - 01 BP 633 - Bouaké, Côte d'Ivoire.

⁴ CIRAD-EMVT - 10 rue Pierre Curie - 94704 Maisons Alfort Cedex, France

⁵ SRZ de Sotuba - IER - BP 258 - Bamako, Mali.

⁶ SRZ de Niono - IER - Niono, Mali.

⁷ LNERV-ISRA - BP 2057 - Dakar, Sénégal

⁸ LRZV - Farcha - BP 433 - N'Djaména, Tchad

⁹ CIRAD-FORET/IRBET - 01 BP 1759 - Ouagadougou, 01 Burkina Faso

¹⁰ CIRAD-EMVT - Port Laguerre - BP 186 - Nouméa, Nouvelle Calédonie

CCE.DGXII - ST2 - 1994. Echantillonnage des fourrages ligneux analysés au laboratoire. Composition chimique et dégradabilité enzymatique - Chapitre V In: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT.

SOMMAIRE

	Page
1. ECHANTILLONS	1
2. CHOIX DES METHODES D'ANALYSES	8
2.1. Analyses chimiques	8
2.1.1. Minéraux	8
2.1.2. Constituants pariétaux	8
2.1.3. Constituants azotés	12
2.1.4. Matières grasses	15
2.2. Energie brute	15
2.3. Dégradabilité enzymatique	17
3. RESULTATS	17
3.1. Diversité chimique des fourrages ligneux suivant leur origine botanique et géographique	19
3.1.1. Exemple des 16 principales espèces des parcours sahéliens de la région de Massakory au Tchad	19
3.1.2. Exemple de quatre espèces de Ficus fréquentes sur les parcours guinéens et soudaniens	19
3.1.3. Composition des feuilles et gousses de <i>Faidherbia</i> <i>albida</i>	22
3.2. Effet de la saison et du site de prélèvement sur la composition chimique et la dégradabilité enzymatique des fourrages ligneux	27
3.2.1. Variations mensuelles des teneurs en MAT des principales espèces du ranch de Nono au Mali	27
3.2.2. Variations saisonnières et suivant le site de la composition chimique et de la dégradabilité d'espèces sahéliennes au Tchad	29
3.3. Relations entre quelques paramètres chimiques et de dégradabilité enzymatique caractérisant les fourrages ligneux	34
3.3.1. Ensemble des résultats	34
3.3.2. Feuilles et gousses de <i>Faidherbia albida</i>	34
3.4. Essai de classification des espèces ligneuses suivant leurs caractéristiques chimiques et de dégradabilité enzymatique	39
4. EBAUCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE NOUVEAUX ECHANTILLONS A PARTIR DE CRITERES CHIMIQUES	46
BIBLIOGRAPHIE	51

CHAPTER I

THE first object of this work is to show that the principles of geometry are not self-evident, but that they are derived from the principles of algebra.

The second object is to show that the principles of algebra are not self-evident, but that they are derived from the principles of arithmetic.

The third object is to show that the principles of arithmetic are not self-evident, but that they are derived from the principles of logic.

The fourth object is to show that the principles of logic are not self-evident, but that they are derived from the principles of psychology.

The fifth object is to show that the principles of psychology are not self-evident, but that they are derived from the principles of physiology.

The sixth object is to show that the principles of physiology are not self-evident, but that they are derived from the principles of chemistry.

The seventh object is to show that the principles of chemistry are not self-evident, but that they are derived from the principles of physics.

The eighth object is to show that the principles of physics are not self-evident, but that they are derived from the principles of mathematics.

The ninth object is to show that the principles of mathematics are not self-evident, but that they are derived from the principles of philosophy.

The tenth object is to show that the principles of philosophy are not self-evident, but that they are derived from the principles of metaphysics.

The eleventh object is to show that the principles of metaphysics are not self-evident, but that they are derived from the principles of theology.

The twelfth object is to show that the principles of theology are not self-evident, but that they are derived from the principles of religion.

The thirteenth object is to show that the principles of religion are not self-evident, but that they are derived from the principles of morality.

The fourteenth object is to show that the principles of morality are not self-evident, but that they are derived from the principles of law.

The fifteenth object is to show that the principles of law are not self-evident, but that they are derived from the principles of justice.

The sixteenth object is to show that the principles of justice are not self-evident, but that they are derived from the principles of equity.

The seventeenth object is to show that the principles of equity are not self-evident, but that they are derived from the principles of conscience.

I. ECHANTILLONS

Au total, près de 3 000 échantillons, dont 2 000 dans le cadre du programme, ont été collectés suivant un protocole général (annexe V.I) que les membres du projet se sont efforcés de suivre.

Les échantillons peuvent correspondre à des prises alimentaires au pâturage, à des suivis phénologiques ou de feuillaison et à des essais sur animaux. Dans tous les cas, il était recommandé de séparer les organes, le calcul permettant de déterminer après analyse la composition et la valeur de leur mélange¹.

Des protocoles particuliers de prélèvements ont été appliqués sur les sites du projet :

- au Tchad, 15 espèces furent échantillonnées trimestriellement pendant trois ans sur quatre sites se différenciant par la nature du sol et la formation végétale. Le but était d'étudier les variations annuelles, saisonnières et multilcales de la composition des ligneux² ;
- au Nord-Cameroun, à Garoua, de nombreux prélèvements de *Ficus sycomorus gnaphalocarpa* ont eu pour but d'étudier les variations de composition des feuilles suivant la saison, le rythme d'exploitation et l'âge des repousses (protocole partiellement exécuté en annexe V.2). A Maroua, en collaboration avec l'IRA et CIRAD-Forêt, il s'agissait de comparer à plusieurs saisons la composition des feuilles de 15 espèces en pépinière utilisées pour le repeuplement (annexe V.3) ;
- en Côte d'Ivoire et au Mali, les prélèvements mensuels ont porté sur les principales espèces des parcours ; de plus, en Côte d'Ivoire, des prélèvements ont été effectués à quatre périodes de l'année sur 11 espèces testées par les forestiers (IDEFOR/DFO) pour l'aménagement de la zone dense de Korhogo (Annexe V.4) ;
- au Sénégal, les prélèvements ont surtout été liés aux essais sur animaux. Ce dernier type de prélèvement a bien sûr aussi été effectué sur l'ensemble des sites du projet ;
- au Burkina Faso, Depommier (CIRAD/IRBET) effectue une étude pluridisciplinaire sur les parcs de *Faidherbia albida* : dans ce cadre, de nombreux échantillons de feuillages et de gousses de cette espèce ont été collectés et partiellement analysés. Les facteurs de variation étudiés sont l'âge des repousses (3 mois-1 an), la saison, le sol, la situation topographique, l'individu. Dans le même pays, Chantal Zoungrana (IDR) a effectué des prélèvements périodiques sur les espèces étudiées *in vivo* ;

¹Pour la caractérisation de rations par exemple.

²Chaque échantillon a été constitué à partir de plusieurs individus (5 à 10) d'un même site, à la même date (5 récoltes bimestrielles en saison sèche par an) et peut donc être considéré comme une moyenne d'individus (Ickowicz, 1994).

- en Nouvelle Calédonie, comme dans la plupart des pays de la zone Pacifique (Australie, Indonésie), la production de viande bovine a été sensiblement réduite depuis 1986 en raison de la diminution des ressources fourragères. La raison majeure de cette diminution résulte de la régression importante de *Leucaena leucocephala*, ou faux mimosa, parasité par le psylle (*Heteropsylla cubana*). Les solutions envisagées associent l'utilisation d'insectes prédateurs et le recours à des arbustes fourragers résistant au psylle.

L'étude menée par Nathalie Durand (1993) avait pour objectif de compléter la gamme des espèces introduites à tester par des espèces ligneuses locales, utilisées couramment ou accidentellement par le bétail domestique ou sauvage.

Une quarantaine d'espèces ligneuses ont été récoltées et analysées (annexe V.5).

L'effectif par espèce végétale, compris entre 1 et 80, est très variable.

A chaque fois que cela a été possible, l'origine géographique, la période de récolte, le stade phénologique et la nature (organe) des échantillons furent portés sur des bordereaux codés en vue de leur saisie dans la base de données du projet (tableaux V.1 et V.2).

Des tris d'échantillons sur des critères qualitatifs (en particulier suivant la nature des organes = tableau V.2) devaient ainsi permettre des calculs de statistiques élémentaires et des analyses multivariées.

La gestion informatique des échantillons et des résultats analytiques permet d'établir le catalogue des espèces échantillonnées avec des indications sur leur origine géographique et temporelle ainsi que leur utilisation en élevage. La compilation des données relatives aux différentes stations du projet (tableau V.3) facilite les travaux de synthèse par espèce, famille, zone agroécologique, etc.

En fin de projet, il est possible de faire l'inventaire des espèces suivant leur utilisation fourragère et les connaissances acquises relatives à leur composition et leur valeur (tableau V.4).

Tableau V.1 - Exemple de bordereau de description d'un échantillon de fourrage ligneux.

CEE - TS2 / 215

28/06/1992

BORDEREAU ECHANTILLON

N° d'analyse001830
 Auteur - ExpéditeurICKOWICZ
 N° correspondant, expédition64
 Date de prélèvement01/03/1991

ORIGINE GEOGRAPHIQUE

ContinentAFRIQUE
 PaysTCHAD
 Longitude-015°38
 Latitude+13°10

NATURE DE L'ECHANTILLONFourrage naturel ligneux
 a 091201 Leptadenia pyrotechnica (Forsk.) Decne. 100%

TOPOGRAPHIEPlateau

SOLS

TypeSols bruns et châtaîns des zones arides
 Texturesableux
 Hydromorphienulle, sol drainant bien

SAISONMilieu saison sèche

CLIMATOLOGIE

Pluviométrie :

Régime des pluiesunimodal
 Mois de début et de fin de saison des pluies06,0/09,0
 Moyenne des pluies annuelles : période 10400 mm
 Pluies totales de l'année climatique en cours0235 mm
 Date des premières pluies efficaces30/06/1990
 Date dernière pluie25/09/1990
 Pluies des deux derniers mois0162 mm
 Nom de la stationMASSAKOR

TYPE DE VEGETATION

Naturellesteppe arbustive
 Lié à l'activité humainejachère

AMENDEMENTS - PRECEDENT CULTURAL - FERTILISATION - IRRIGATION

TYPE D'EXPLOITATION HABITUEL

Pâturage contrôlé

NATURE ET DEVELOPPEMENT DES PLANTES ETUDIES

Pourcentages approximatifs : autres dicotylédones100%
 Stade de développement :
 Dicotylédones, feuillaisonabsence de feuilles
 reproductionfleurs et fruit

DESCRIPTION DES ECHANTILLONS

Type de coupearraché à la main
 Hauteur de coupe par rapport au sol150 cm
 Tiges chlorophylliennes100%

ETAT ET CONDITIONNEMENT DES PRELEVEMENTS

Poids vert1000 g
 Séchageà l'étuve
 Durée12 H
 Température060°C
 Broyage (maille de la grille)01 mm
 Etat des échantillons expédiésbon

Tableau V.2 - Description des organes végétaux échantillonnés

- . Organe indéfini	00	| | | | | | |
. Organe souterrain	10	
. Plante aérienne entière	20	
. Feuilles		
indéfinies	30	
vertes	31	
tombées au sol et/ou sèches	32	
jeunes	33	
développées	34	
âgées	35	
basales de graminées	36	
. Tiges		
indéfinies	40	
chlorophylliennes	41	
fines, rameaux de l'année non chlorophylliens	42	
grosses	43	
. Pédoncules	44	
. Fleurs	50	
. Fruits (gousses, akènes, drupes, baies)		
indéfinis	60	
jeunes en croissance	61	
vert	62	
à maturité sur la plante	63	
à maturité au sol	64	
à maturité sans graine (pulpes, coques)	65	
. Graines	70	
. Ecorce	81	
. Bois	82	
. Sciure	83	
. Sève	90	

Tableau V.3 - Répartition géographique, utilisation fourragère et étude analytique ou expérimentale des espèces ligneuses d'Afrique centrale et occidentale étudiées dans le cadre du projet ST2/215 (exemples)

- . 1 - présentes
- 2 - réputées fourragères dans la région
- 3 - récoltées et distribuées aux animaux
- . introduites et/ou cultivées
- . Travaux réalisés (min.) - Travaux prévus ou en cours (maj.) :
 - a A pépinières - plantations
 - b B phénologie - productivité
 - c C analyses
 - d D digestibilité *in vivo*
 - e E essais d'alimentation

* = a+b+c+d+e

Cameroun

Ba : Bamenda
 Ya : Yaoundé
 Ng : N'Gaoundéré
 Ga : Garoua
 Ma : Maroua

Côte d'Ivoire

Ab : Abidjan
 Bo : Bouaké
 Ko : Korhogo

Mali

Ni : Niono
 Ba : Bamako
 Go : Gourma

Sénégal

Vi : Vindou Tiengoli
 Ferlo Do : Doli
 Da : Dahra
 TK : Thysse Kayemor
 Ta : Tambacounda
 K : Kolda

Tchad

Ou : Ouaddaï
 Bt : Batha
 Ka : Kanem
 Ba : Bachoum
 Nd : N'djamena
 DB : Dourbali-Bokoro
 Be : Bebedja

Tableau V.3 - (suite)

		Cameroun					Cote d'iv.			Mali			Sénégal							Tchad						
		Ba	Ya	Ng	Ga	Ma	Ab	Bo	Ko	Ni	Ba	Go	Vi	Do	Da	Tk	Ta	K	Ou	Bt	Ka	Ba	Nd	Db	Be	
b 007903	Boscia octandra				1	1				1	1	2	2		1	DE			1	1		1	1	1		
007901	Boscia salicifolia											1			2				1	1			1			
a 007903	Boscia senegalensis				2	1				1	1	2	2		1	DE			1	1		1	1	1		
071001	Boswellia dalzielii				1	1																				
071003	Boswellia sacra					A																				
a 096001	Breonadia salicina										1															
036506	Bridelia ferruginea			2	1			BC	BC		1			2				1								
036504	Bridelia micrantha						1				1							1								
036507	Bridelia ndellensis			2																						
036501	Bridelia scleroneura				1						1															
036503	Bridelia speciosa			2																						
049301	Burkea africana			1	1			1			1															
a 080901	Butyrospermum paradoxum			1	2	1		2	2		1					1									1	
d 080901	Butyrospermum parkii			1	2	1		2	2		1					1									1	
060211	Muxus hildebrandtii																									
020801	Syrsanthus brownii																									
074301	Syrsocarpus coccineus																									
007402	Cadaba farinosa									1	1	1	2	2	2							2	2			
007401	Cadaba glandulosa									1		2		2	2											
007405	Cadaba heterotricha																									
007404	Cadaba longifolia																									
007403	Cadaba rotundifolia																									
049102	Caesalpinia erianthera																									
055801	Cajanus cajan	2			2	2		2		2	2				2		1						2	1		
141301	Calamus deerratus						1			1	1	ABC														
089301	Calotropis procera				1	1		1	1	1	1	1	2	2	2	DE			1	1	1	1	1	1		

Tableau V.4 - Nombre d'espèces ligneuses présentes sur les parcours, fourragères et étudiées dans le cadre du projet ST2/215

REPRESENTATIVITE DES ECHANTILLONS

NOMBRE D'ESPECES (≈)

650 INSCRITES AU "CATALOGUE"

230 PRESENTES DANS LES
PEUPELEMENTS ETUDIES

170 CONSOMMEES AU PATURAGE
DONT :

160 - POUR LEURS FEUILLES,

13 - POUR LEURS FLEURS,

46 - POUR LEURS FRUITS,

5 - POUR LEUR ECORCE.

24 OBJET D'UNE RECOLTE ET/OU
D'UN COMMERCE

60 UTILISEES (OU ETUDIEES)
POUR LE REBOISEMENT

TRAVAUX DE TERRAIN OU ZOOTECHNIQUES EFFECTUES SUR LES PRINCIPALES ESPECES FOURRAGERES.

170 ESPECES FOURRAGERES DONT :

. 95 ETUDIEES POUR LEUR PHENOLOGIE,
. 46 " POUR LEUR PRODUCTION,
. 58 " PAR DES ESSAIS SUR ANIMAUX :

. 28 IN VITRO
. 23 IN SACCO
. 40 IN VIVO
. 14 EN ESSAIS ZOOTECHNIQUES

7

AU TOTAL = 2771 ECHANTILLONS AVEC DES
EFFECTIFS VARIANT DE 1 A 80
POUR (ESPECE, ORGANE).

EN MOYENNE, 16 ECHANTILLONS PAR ESPECE.

2. CHOIX DES METHODES D'ANALYSES

Les résultats rapportés dans la bibliographie et ceux obtenus par les membres du programme avant le début des travaux indiquaient que la valeur nutritive des fourrages ligneux caractérisée par la digestibilité de la matière organique et celle des matières azotées était très variable (tableau V.5) et difficilement prévisible par de simples dosages de l'azote et des constituants pariétaux comme c'est habituellement le cas pour les fourrages.

En effet, il était connu que les lignines et les tanins, de natures chimiques diverses et répartis de façon variable dans les tissus, affectaient la digestibilité des fourrages ligneux.

Les analyses à réaliser dans le cadre du projet ST2/215 comprirent donc dès le début des fractionnements des parois et des matières azotées suivant leur solubilité chimique. Ces paramètres devaient être mis en relation avec les dégradabilités enzymatiques de la matière organique et de l'azote exposées dans ce chapitre ainsi qu'avec leurs digestibilités *in vitro* (gastest de Hohenhein), *in sacco* et *in vivo* traitées dans les chapitres suivants.

2.1. Analyses chimiques

2.1.1. Minéraux

Le dosage des minéraux n'était pas une priorité du projet quoique les apports par les ligneux de certains éléments majeurs ou oligo-éléments contribuent positivement à atténuer les risques de carences notamment en phosphore, cuivre, zinc et sodium particulièrement insuffisants dans les fourrages herbacés soudano-sahéliens (CIRAD-IEMVT, ministère de la Coopération, 1989). Toutefois, des dosages ont été effectués antérieurement au projet (CIRAD-IEMVT) et partiellement interprétés par famille ou espèce végétale et par zone géographique (Lefèvre, 1990).

L'ensemble des échantillons du projet reste disponible pour des investigations plus poussées sur la composition minérale : ce pourrait être le cas, par exemple, pour le sélénium dont les quelques dosages effectués ont montré que la concentration était très variable d'un échantillon à l'autre. Compte tenu des risques de carence en sélénium parfois évoqués pour l'Afrique subsaharienne (Mbwiria *et al.*, 1986), il pourrait être utile de déterminer les facteurs de variations botaniques, pédologiques, etc., des teneurs des végétaux en cet élément.

2.1.2. Constituants pariétaux

La cellulose brute de Weende (CB-AFNOR 1980) ne rend qu'imparfaitement compte de la teneur en parois indigestibles, principal facteur de variation de la digestibilité de la matière organique (DMO) (Jarrige, 1981).

Il est donc préférable de déterminer les teneurs en parois en appliquant le fractionnement de Van Soest (Van Soest et Wine, 1967) qui permet d'estimer les teneurs en parois totales (assimilées au Neutral Detergent Fiber-NDF), en lignocellulose (assimilée à l'Acid Detergent Fiber-ADF) et en lignine (Acid Detergent Lignin-ADL) (figure V.1).

Toutefois, pour une espèce et un organe donnés, la relation entre l'ADF et la CB est étroite et il est possible d'estimer assez précisément un paramètre en fonction de l'autre (figure V.2).

Tableau V.5 - Les fourrages ligneux : des aliments riches en matières azotées dans le contexte fourrager tropical mais de valeur alimentaire très variable

Teneurs en matières azotées des fourrages disponibles et consommés par les ruminants en saison sèche sous climat soudano-sahélien

	MAT en g/kg MS
Pailles de céréales	30
Pailles de graminées spontanées	30-40
Feuilles de céréales	45-55
Feuilles et fruits d'espèces herbacées diverses	50-70
Pailles de légumineuses spontanées	60-80
Fourrages cultivés	60-150
Feuilles d'arachides tombées au sol	100-130
Feuilles de ligneux	80-200

VARIABILITE DE VALEUR ALIMENTAIRE DES LIGNEUX

MAT : 60 à 230 g/kg MS (Matières azotées totales)

dMO : 30 à 75 p.100 (Digestibilité matière organique)

dMA : 14 à 82 p.100 (Digestibilité matières azotées)

Lignine, tanins, substances toxiques...

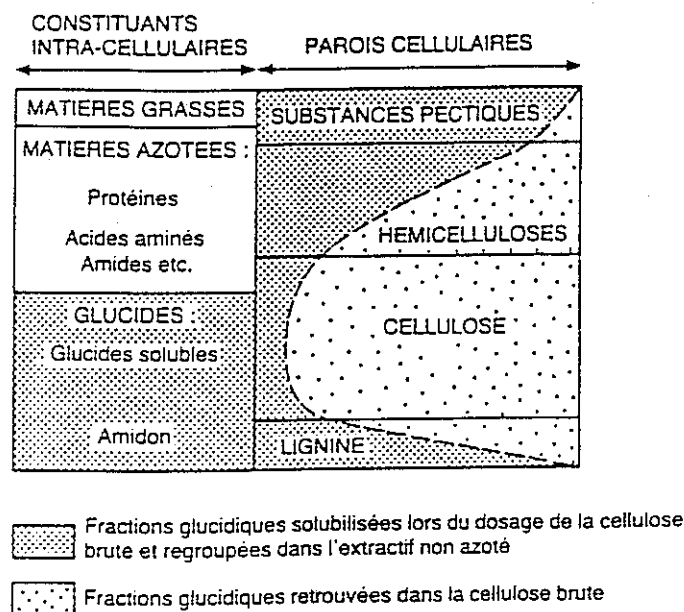
Minéraux : > herbacées

MSVI à l'auge : 25 à 90 g MS/kg $p^{0.75}$ (Matière sèche volontairement ingérée)

soit 300 à 1 150 g MS/mouton 30 kg ou chèvre.

Figure V.1 - Signification du dosage de la cellulose brute de Weende et du fractionnement des constituants pariétaux selon la méthode de Van Soest et Wine (1960)

- a) Schéma des constituants de la matière organique des aliments et de leur fractionnement par la méthode d'analyse classique (INRA 1988)

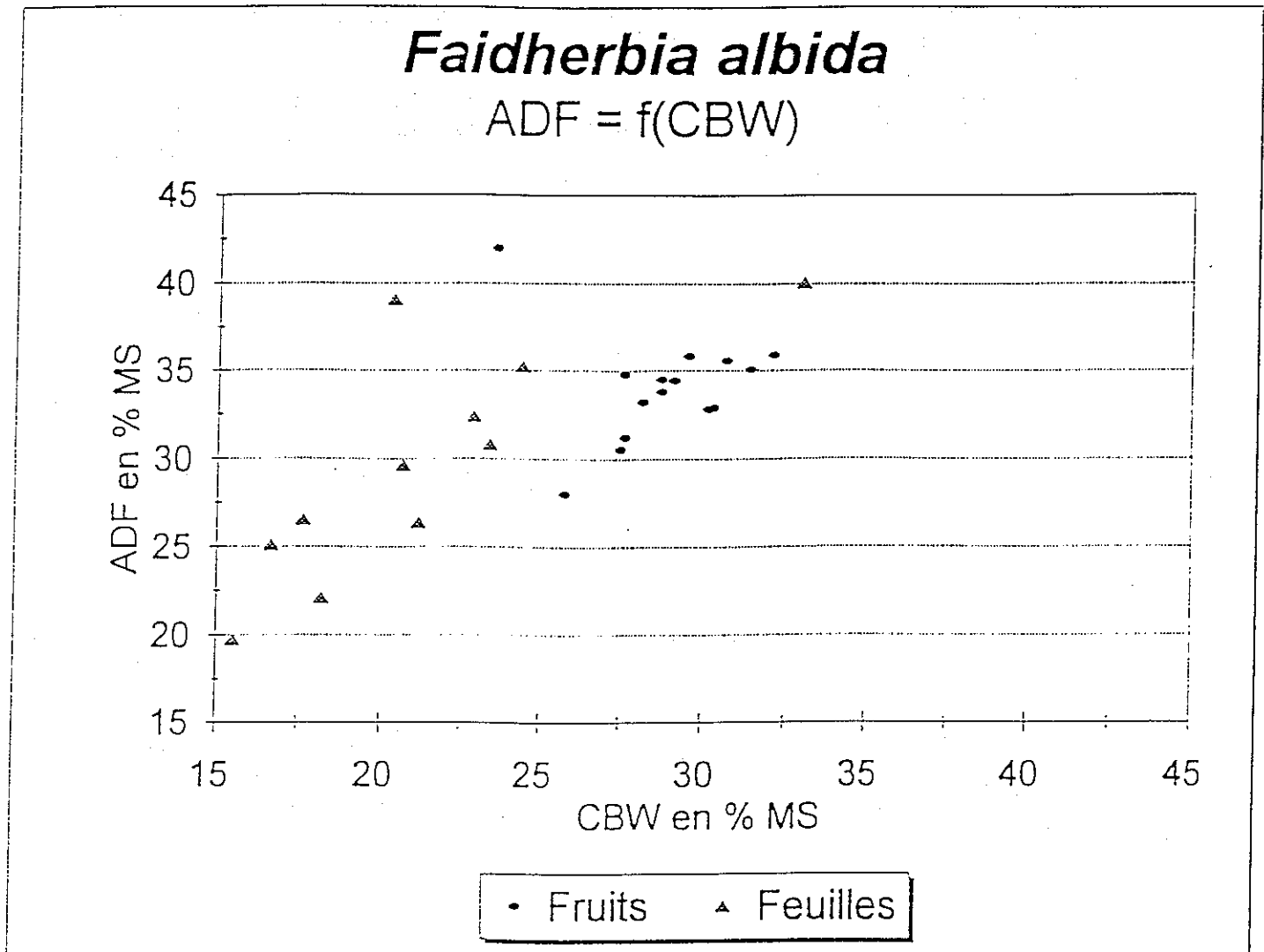


- b) Composition de la cellulose brute dite de Weende et de la ligno-cellulose (ADF) de Van Soest pour des graminées tempérées (Richard 1989, d'après Jarrige 1981).

(p.100)

	Cellulose brute		Ligno-cellulose "ADF de Van Soest"	
	teneur	Proportion du constituant par rapport à la teneur totale dans le fourrage	teneur	Proportion du constituant par rapport à la teneur totale dans le fourrage
Cellulose	70-90	50 à 90	55-65	quasi- totalité
Hémicellulose	5-10	20	10-20	15
Lignine	5-10	10 à 50	10-12	quasi totalité
Matières azotées	1-3		2-4	

Figure V.2 - Relation entre les teneurs en ADF et en cellulose brute de Weende des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* (exemple)



Les teneurs en hémicellulose et cellulose peuvent être approchées par les différences NDF-ADF et ADF-ADL respectivement.

Le fractionnement de Van Soest permet aussi d'estimer le degré de lignification des parois par les rapports ADL/NDF et ADL/ADF. Ces rapports sont très variables d'une espèce à l'autre pour les ligneux, ce qui explique d'ailleurs l'intérêt de la méthode de Van Soest par rapport à la méthode de Weende.

La figure V.3 et le tableau V.6 associé rendent compte des teneurs moyennes en constituants pariétaux des fourrages ligneux déjà analysés au CIRAD-EMVT avant le projet ST2/215 ainsi que de leur variabilité comparativement à celles des graminées et légumineuses herbacées.

2.1.3. Constituants azotés

La teneur en matières azotées totales (MAT) est un bon prédicteur de la digestibilité de la matière organique (DMO) des graminées tempérées et tropicales car les MAT diminuent quand les plantes se développent puis vieillissent, corrélativement avec l'accroissement des teneurs en parois indigestibles.

De même, la fermentescibilité dans le rumen de l'azote des graminées variant peu, sa digestibilité, et donc la teneur en matières azotées digestibles (MAD), sont précisément estimées par un simple dosage de l'azote total. Ce n'est pas le cas pour les fourrages ligneux (figure V.4).

Pour les dicotylédones tropicales, botaniquement très diverses, la digestibilité globale des matières azotées et la fermentescibilité dans le rumen sont très variables. Leur fractionnement chimique permet de prévoir ces variations :

- les matières azotées retenues dans les résidus après attaque par le détergent acide (Acid Detergent Solution) de la méthode de Van Soest, habituellement dénommées matières azotées résiduelles de l'ADF (MA adf), sont considérées comme un estimateur fiable des matières azotées non digestibles (MAND) (Mason, 1969). Elles ont systématiquement été dosées dans les échantillons ;
- les nouveaux systèmes d'évaluation de la valeur nutritive des matières azotées pour les ruminants nécessitent de déterminer la fraction disponible pour la flore microbienne : le premier système des PDI (Protéines vraies Digestibles dans l'Intestin) (INRA, 1978) reposait sur la mesure de la solubilité (S) par la méthode de Durand (Vérité et Demarquilly, 1978) qui caractérise la fraction azotée immédiatement disponible. Cette méthode a été progressivement abandonnée, car elle ne prend pas en compte la fraction protéique lentement, difficilement et/ou partiellement dégradable comme le permet la mesure *in sacco* (chapitre IX) qui sert de référence pour le calcul de la dégradabilité théorique des matières azotées (DT). (Vérité *et al.*, 1987). Néanmoins, la solubilité de l'azote a été mesurée sur 300 échantillons de fourrages ligneux et elle peut être comparée à d'autres mesures de dégradabilité (enzymatiques, *in vitro* - gastest de Hohenhein, ou *in sacco*).

Figure V.3 - Teneurs moyennes (p.100 MS) en constituants pariétaux des fourrages ligneux et de quelques espèces de graminées et légumineuses herbacées (Koné et al., 1989)

Les constituants pariétaux de 90 échantillons de feuilles et de gousses ont été déterminés par les méthodes de Weende et de Van Soest. Les feuilles de ligneux contiennent en moyenne moins de parois (NDF) que les fourrages herbacés mais plus de lignine (ADL). Les gousses de légumineuses sont intermédiaires. Les teneurs en constituants pariétaux sont très variables d'une espèce à l'autre (tableau V.6).

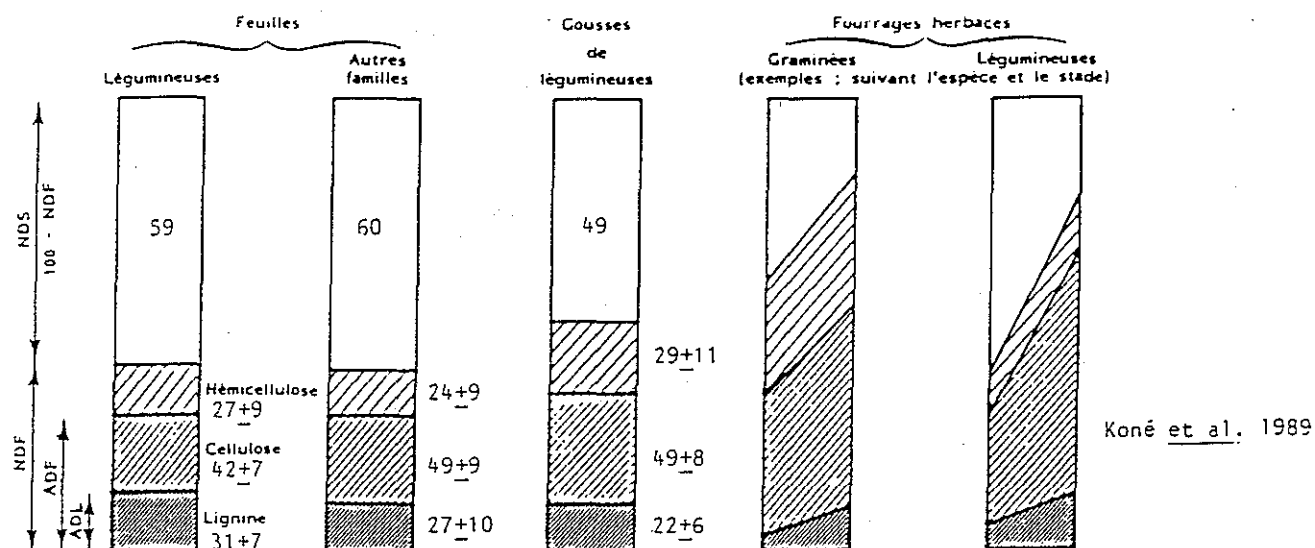
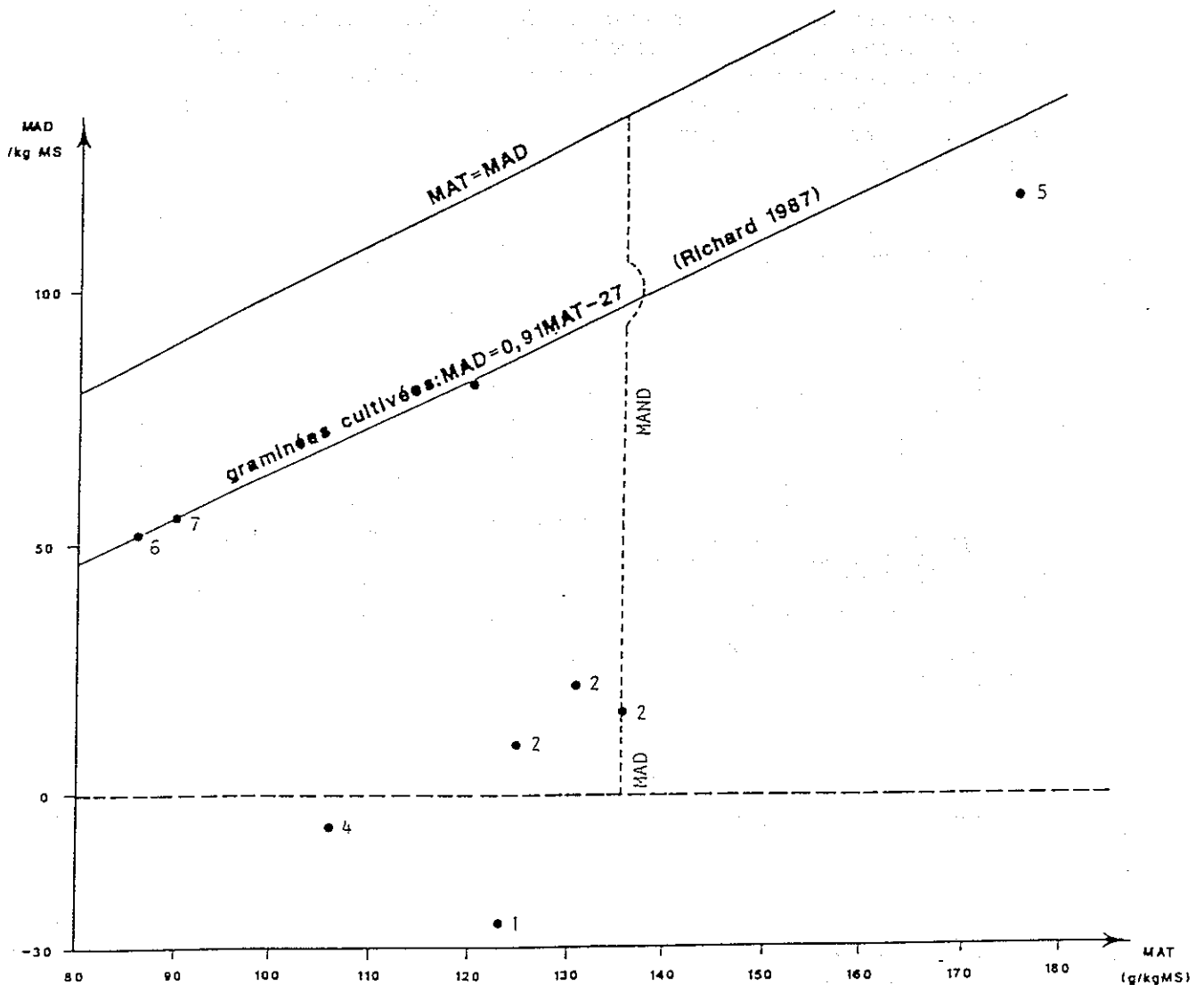


Tableau V.6 - Moyennes, écarts types (S) et valeurs extrêmes des teneurs en constituants pariétaux des fourrages ligneux (p.100 de MS) (Koné et al., 1989)

Constituants	Feuilles								Gousses de légumineuses			
	Légumineuses				Autres familles				n=12			
	\bar{x}	S	min	max	\bar{x}	S	min	max	\bar{x}	S	min	max
CB	23	5	10	32	22	6	9	35	27	7	15	38
NDF	41	9	17	54	40	9	21	62	51	12	25	67
ADF	30	7	15	44	30	7	16	48	35	10	18	49
ADL	13	4	5	21	11	5	3	23	11	4	5	18
Hémicell.	11	4	1	19	10	4	1	19	16	8	6	36
Cellulose	17	4	8	24	19	5	10	30	24	7	12	33

Figure V.4 - Teneurs en MAD en fonction des teneurs en MAT mesurées *in vivo* sur 9 espèces ligneuses. Régression entre les teneurs en MAD et en MAT pour 92 essais sur graminées cultivées (Koné *et al.*, 1989)



Remarque :

Dans cette figure on peut observer que les espèces 3-6-7 et, à un moindre degré, 5, ont des teneurs en MAD voisines de celles trouvées chez les graminées cultivées de même teneur en MAT. La digestibilité de leurs matières azotées est donc normale. Il n'en est pas de même pour les espèces 1, 2 et 4 dont les MAT sont très peu (espèce 2) ou pas digestibles (espèces 1 et 4)

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 <i>Acacia ataxacantha</i> | 5 <i>Leucaena leucocephala</i> |
| 2 <i>Acacia linarioides</i> | 6 <i>Piliostigma thonningii</i> |
| 3 <i>Combretum nigricans</i> | 7 <i>Piliostigma reticulatum</i> |
| 4 <i>Heeria insignis</i> | |

Comme pour les constituants pariétaux, la figure V.5 et le tableau V.7 donnent pour les échantillons disponibles avant le projet ST2/215, les teneurs moyennes et leurs variations, en matières azotées totales, ainsi que celles de leurs fractions solubles, liées à l'ADF et par différences celles insolubles mais non liées à l'ADF, considérées comme lentement digestibles.

Ces premiers résultats mettaient en évidence une moindre solubilité de l'azote des fourrages ligneux, comparativement à celui des herbacées et inversement une plus grande proportion de l'azote bloqué au niveau des parois. Ces paramètres apparaissent également très variables. Un des objectifs du projet était donc d'identifier et quantifier leurs facteurs de variation.

2.1.4. Matières grasses

La teneur en lipides, mesurée après extraction à l'éther, est en général faible (moins de 5 p.100 de la matière sèche) et stable pour les fourrages. Cependant, les feuilles de certaines espèces ligneuses et surtout leurs fruits peuvent en contenir plus de 10 p.100. Ce dosage a donc systématiquement été appliqué car les variations des teneurs en lipides ont un effet significatif sur la teneur en énergie brute.

2.2. Energie brute

L'expression de la valeur énergétique des aliments est basée sur leurs teneurs en énergie nette exprimée en joules ou en calories. Le paramètre initial est l'énergie brute. Celle-ci est transformée par l'animal en énergie digestible, métabolisable et nette avec des rendements variables. La teneur en énergie brute est fonction du pouvoir calorique de la matière organique de l'aliment, donc de sa composition chimique.

Des mesures de calorimétrie ont été effectuées sur 114 échantillons. A partir de celles-ci, des équations de prévision de la teneur en énergie brute ont été établies.

$$EB = 5,362 \text{ MAT} + 10,374 \text{ MG} + 4,917 \text{ CB} + 4,470 \text{ ENA}$$

(kcal/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO)

$$n = 81 \quad \text{etr} = 245 \quad R^2 = 0,998$$

La précision est un peu améliorée en associant ADL au modèle :

$$EB = 5,498 \text{ MAT} + 10,010 \text{ MG} + 4,370 \text{ CB} + 4,280 \text{ ENA} + 1,946 \text{ ADL}$$

kcal/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO) (g/kgMO)

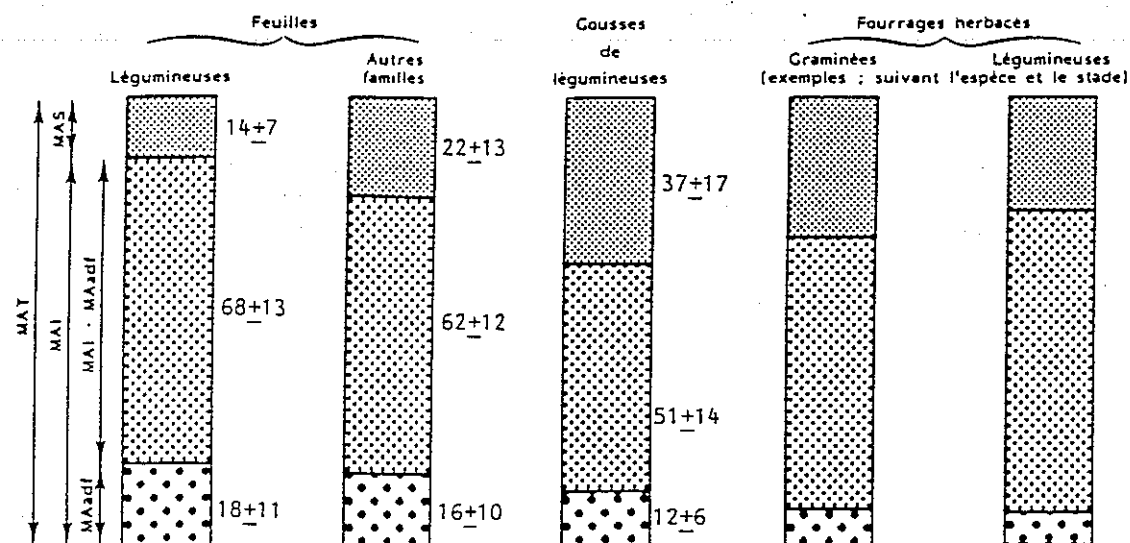
$$n = 81 \quad \text{etr} = 212 \quad R^2 = 0,999$$

Lefèvre et Guérin (non publié).

Elles s'apparentent à celle de Hoffman *et al.* (1971), mais la plus précise inclut la lignine comme paramètre supplémentaire.

Le surplus d'énergie apporté par la lignine n'étant pas digestible, les relations habituelles entre la digestibilité de la matière organique et celle de l'énergie (INRA, 1978 ; Richard *et al.*, 1990) ne sont probablement pas applicables. Il serait donc nécessaire de calculer parallèlement à la digestibilité *in vivo* de la matière organique (chapitre X), celle de l'énergie en mesurant le pouvoir calorique des fèces des animaux ayant reçu des rations à base de ligneux (Rumokoy, 1994).

Figure V.5 - Répartition moyenne des MAT des fourrages ligneux et de quelques espèces herbacées en matières azotées solubles (MAS), et liées à l'ADF (Koné *et al.*, 1989)



Les matières azotées totales (MAT), solubles (MAS) et résiduelles de l'ADF (MAadf) ont été dosées dans 90 échantillons de feuilles et de gousses de légumineuses et on a calculé les teneurs en matières azotées insolubles (MAI) et en matières azotées insolubles non liées à l'ADF (MAI-MAadf). Ces différentes fractions peuvent être assimilées à l'azote immédiatement disponible (MAS), à l'azote non soluble mais digestible (MAI-MAadf) et à l'azote indigestible (MAadf).

Les teneurs moyennes en MAT des fourrages ligneux sont de 13 p.100 mais avec des valeurs extrêmes de 3 et 22 p.100 de la matière sèche (tableau V.7).

L'azote des feuilles est en moyenne moins soluble (14 à 22 p.100) que celui des graminées tropicales (25 à 30 p.100). Comme pour les constituants pariétaux, les différentes fractions azotées sont très variables et une forte proportion des matières azotées est liée aux constituants pariétaux.

Tableau V.7 - Teneurs des ligneux (moyennes (\bar{X}) écarts types (S) extrêmes) en matières azotées totales (MAT) ; répartition de ces MAT en matières azotées solubles (MAS), en matières azotées insolubles (MAI) et en matières azotées contenues dans l'ADF (MAadf) (Koné *et al.*, 1989)

	Feuilles								Gousses de légumineuses n = 12			
	Légumineuses n=24				Autres familles n=54				\bar{X}	S	min.	max
	\bar{X}	S	min.	max.	\bar{X}	S	min.	max.				
p.100 M S :												
M A T	13	3	4	18	12	4	5	22	13	5	5	21
p.100 M A T :												
M A S	14	7	7	30	22	13	5	58	37	17	16	67
MAI	36	7	70	93	78	13	42	95	63	17	33	84
MAadf	18	11	6	58	16	10	2	42	12	6	4	23

2.3. Dégradabilité enzymatique

Les analyses chimiques (cf. ci-dessus § 2.1.) permettent d'estimer avec une précision variable les principaux paramètres de la valeur nutritive, DMO, DMA, DT dont les valeurs de références sont établies par des méthodes *in vivo* (chapitre X) ou *in situ-in sacco* (chapitre IX).

Les mesures de dégradabilité dans des préparations enzymatiques mimant, dans des conditions standardisées, l'action cellulolytique ou protéasique de la flore microbienne et celle des enzymes digestives permettent d'obtenir des estimations plus précises.

Deux méthodes ont été appliquées :

- la mesure de la dégradabilité de la matière organique par l'association de la cellulase et de la pepsine en milieu acide (0.IN) pour estimer la DMO (Aufrère, Michalet-Doreau, 1990) ;
- la mesure de la dégradabilité des matières azotées par la pronase (dMApro = DE 1) pour estimer la DT (Aufrère et Carttailler, 1988).

Dans un premier temps, les relations spécifiques aux fourrages ligneux pour passer des mesures de dégradabilité à la DMO ou à la DT ne sont pas disponibles. Elles nécessitent l'obtention d'un nombre suffisant de mesures sur l'animal (*in vivo*, *in situ-in sacco*).

Cependant les échantillons et les espèces peuvent provisoirement être classés suivant leur dégradabilité enzymatique dont les variations sont plus ou moins précisément expliquées par des critères chimiques (fractions pariétales et azotées, cf. ci-dessus, et tanins, chapitre VI). De plus, les mesures enzymatiques peuvent être reliées à des mesures de fermentation *in vitro* utilisant du jus de rumen, donc relativement proches des conditions physiologiques (cf. chapitre VII). Ces dernières, sans correspondre rigoureusement aux conditions physicochimiques et biologiques de la digestion, peuvent produire des estimations de digestibilité plus fiables que les méthodes chimiques ou enzymatiques puisqu'elles prennent en compte les effets des facteurs antinutritionnels sur les microbes du rumen.

3. RESULTATS

Au total, 2 964 échantillons ont été enregistrés et plus ou moins complètement analysés. Le tableau V.8 présente les nombres de résultats d'analyses chimiques et enzymatiques disponibles en fin de projet. Les dosages de tanins exposés au chapitre VI ainsi que les mesures *in vitro*, *in sacco* et *in vivo* ou en spectrométrie dans le proche infrarouge sont également mentionnés pour mémoire : ils donnent ainsi une vision relativement complète des informations disponibles sur les échantillons du projet.

Les résultats d'analyses (moyenne, maximum, minimum, écart type) sont présentés par espèce et par organe dans le volume annexe : tables de composition.

Des exemples généraux ou particuliers sont présentés ci-dessous pour illustrer les spécificités des fourrages ligneux par rapport aux autres types de fourrages ainsi que les facteurs de variation intra-famille ou intra-espèce de leur composition.

Tableau V.8 - Nombre de dosages chimiques, de mesures de dégradabilité ou de digestibilité et de mesures spectrométriques dans le proche infrarouge effectués sur les échantillons du projet ST2/215

2964 ECHANTILLONS		DEGRADABILITE ENZYMATIQUE	
ANALYSE CHIMIQUE		de la Matière Organique (pepsine cellulase)	1151
		de la Matière Azotée	1241
Matière Sèche Brute	774	DEGRADABILITE IN VITRO (Gas Test)	
Matière Sèche laboratoire	2414		
<u>Minéraux</u>		de la Matière Organique	
Cendres	2388		
Calcium	1219	de la Matière Azotée	
Phosphore total	1219		
Magnésium	990	DEGRADABILITE IN SACCO	
Potassium	999		
Cuivre	306	DIGESTIBILITE IN VIVO	
Zinc	306		
Cobalt	232	SPECTROMETRIE NEAR INFRARED REFLECTANCE	
Manganèse	306		
Fer	306	Nombre d'échantillons	1437
Sodium	178		
<u>Constituants pariétaux</u>			
Cellulose Brute de Weende	2069		
Neutral Detergent Fiber (Van Soest)	1690		
Acid Detergent Fiber (Van Soest)	1765		
Acid Detergent Lignin (Van Soest)	1746		
<u>Matières azotées</u>			
Matière Azotée Totale	2416		
Matière Azotée Soluble	301		
Matière Azotée liée à l'ADF	1557		
<u>Matière grasse</u>	1974		
<u>Energie brute</u>	114		
<u>Tannins</u>			
Totaux	28		
Condensés	105		
Précipitants :			
. Diffusion radiale	28		
. Dosage colorimétrique	594		
HPLC	26		

3.1. Diversité chimique des fourrages ligneux suivant leur origine botanique et géographique

La richesse de la flore ligneuse induit une très grande variabilité de la composition chimique et de la valeur nutritive. De même, l'importante différenciation anatomique et histologique des organes se répercute sur leur composition. Enfin, l'adaptation à un même milieu ou la "parenté" botanique n'entraînent pas de similitudes chimiques ou nutritionnelles. Les quelques exemples sélectionnés ci-dessous illustrent cette variabilité d'origine génétique.

3.1.1. Exemple des 16 principales espèces des parcours sahéliens de la région de Massakory au Tchad (d'après Ickowicz, 1994)

Le tableau V.9 extrait de Ickowicz (1994), résulte de la compilation des résultats d'analyse des échantillons collectés pendant trois ans sur quatre sites caractérisés par leurs sols et leurs types de végétation.

Les paramètres chimiques les plus importants, tels que les MAT (comprises entre 7 et 39 p.100 de MO) ou les constituants pariétaux (ADF compris entre 14 et 58 p.100 de MO) différencient fortement les espèces et se répercutent sur les dégradabilités enzymatiques.

A teneur en MAT égales, par exemple *Cordia sinensis* et *Salvadora persica*, deux genres peuvent se distinguer par leurs teneurs en parois (ADF, ADL) et leur dégradabilité enzymatique.

Il est possible d'observer des similitudes à l'intérieur d'un genre, par exemple *Acacia senegal* et *Acacia laeta*, qui d'ailleurs se confondent souvent sur le terrain, mais ce n'est pas la règle comme en témoignent les teneurs en MAT des feuilles d'*Acacia seyal* et d'*Acacia raddiana* qui sont moitié moindre de celles des deux premiers. La comparaison entre les espèces d'un même genre sera reprise ci-dessous (§ 3.1.2).

Les écarts entre organes sont également remarquables :

- les gousses de *Faidherbia albida* contiennent deux fois moins d'azote que les feuilles ou les tiges chlorophylliennes mais elles sont en revanche plus digestibles ;
- les fleurs d'*Acacia seyal*, très recherchées par les petits ruminants en saison sèche fraîche, sont aussi plus pauvres en azote que les feuilles, mais très digestibles et donc de haute valeur énergétique ;
- inversement les organes (feuilles, fleurs, fruits) de *Calatropis procera*, tous consommés, sont plus homogènes et de bonne valeur nutritive.

3.1.2. Exemple de quatre espèces de *Ficus* fréquentes sur les parcours guinéens et soudaniens (tableau V.10)

Les différences observées entre ces quatre espèces de *Ficus* sont moins importantes que celles mises en évidence précédemment sur les acacia. Leurs teneurs en MAT comprises en moyenne entre 10 et 15 p.100 de la matière sèche sont modestes et les teneurs en lignine (ADL) comprises en moyenne entre 6 et 13 p.100 ne sont pas excessives.

Tableau V.9 - Résultats des analyses chimiques, enzymatiques et valeurs nutritives estimées des échantillons de ligneux récoltés au Tchad entre 1990 et 1993. Moyenne et écart-type (e-t) en p.100 MO (Ickowicz 1994)

Espèces	Organe	N	MO	MAT	NPROT	MAADF	ENA	MGE	NDF	ADF	ADL	HEMIC	CELL	SMO	dMOgl	TANP	UFL/kgMS	MAD g/kgMS
Acacia albidia	feuille	1	87,8	18,6	4,8	4,7	48,8	4,5	50,0	40,3	18,8	9,7	21,4	50,4	53,9	1,70	0,60	82
	tige	1	90,4	19,8	3,2	0,3	30,7	5,4	67,5	63,5	37,8	4	25,7	26,1	30,9	0,8	0,45	52
	fruit	2	95,3	10,7	8,0	0,0	67,0	1,2	45,9	34,7	9,2	11,2	25,5	61,9	65,7		0,70	57
Acacia laeta	feuille	1	87,8	38,7	18,0	1,6	37,8	3,1	35,7	20,3	8,8	15,5	13,7	80,2	50,9		0,85	278
Acacia senegal	feuille	10	83,2	30,2	10,5	1,9	45,1	4,2	37,9	21,8	7,8	18,1	13,9	77,1	57,1	0,03	0,60	104
	e-t		8,1	4,0	2,8	0,8	5,1	1,3	8,2	3,4	1,8	8,8	2,2	6,7	6,6	0,08	0,00	46
Acacia seyal	feuille	1	92,1	18,7	4,4	1,1	65,4	4,3	23,9	14,7	5,2	9,2	9,5	74,8	57,9	11,80	0,87	117
	fleur	1	93,6	10,1	4,5	0,4	78,3	2,8	17,5	12,5	3,4	5,0	9,2	90,0	77,3	4,94	0,98	48
	fruit	1	93,9	19,2	8,1	1,2	49,9	3,8		29,5	8,1		21,4	59,8	58,7	3,77	0,68	123
Acacia reddiana	feuille	2	79,7	17,7	4,0	3,2	54,1	8,7	42,2	31,0	14,5	10,4	17,4	43,1	52,0	2,48	0,53	78
	fruit	1	94,9	16,8	8,2	1,1	57,0	2,8	37,8	26,0	6,5	11,8	19,6	59,7	59,7	1,60	0,70	104
Balanites aegyptiaca	feuille	10	82,8	18,9	9,2	1,7	52,7	4,5	37,4	27,3	13,8	10,1	13,5	71,4	59,8	0,00	0,84	102
	e-t		1,9	3,0	1,8	0,4	5,3	1,2	3,5	2,9	1,5	1,8	2,5	3,5	3,0	0,00	0,04	28
Bauhinia rufescens	feuille	1	88,8	19,2	5,8	2,6	57,5	3,4	43,0	27,5	9,0	15,5	18,4	49,9	51,8		0,55	105
	fruit	1	95,5	12,4	3,8	2,0	49,8	2,1	64,2	42,8	14,3	21,4	28,5	33,9	38,5		0,38	57
Boea senegalensis	feuille	26	89,2	24,8	13,0	1,2	43,7	2,8	47,8	30,7	11,5	16,8	19,2	60,1	53,7	0,00	0,57	165
	e-t		2,4	4,7	3,3	0,2	3,8	0,6	5,8	3,0	1,0	3,8	2,7	6,4	2,2	0,00	0,03	45
Calotropis procera	feuille	5	77,8	20,9	10,9	1,1	48,4	8,5	30,2	31,8	11,8	< 0	20,2	89,8	89,8	0,00	0,77	116
	fleur	1	85,4	15,2	7,7	0,7	63,9	3,0	25,0	23,4	5,5	1,8	17,9			0,00		83
	fruit	1	85,7	17,3	10,2	1,3	49,2	9,9	35,8	29,8	4,2	5,8	25,7	85,8		0,00		96
Capparis decidua	tige	20	91,6	17,1	9,9	1,5	39,8	1,8	65,4	45,1	14,1	20,2	31,0	43,9	46,3	0,00	0,48	98
	e-t		1,1	4,8	3,7	0,3	2,8	0,4	9,3	7,9	3,9	3,8	4,8	12,8	7,2	0,00	0,00	42
Commiphora africana	feuille	1	82,5	22,1	4,0	8,1	57,2	2,9	55,0	52,7	30,5	2,3	22,2	38,5	49,0		0,52	77
Cordia sinensis	feuille	14	80,3	22,2	8,4	7,3	48,8	3,5	60,8	56,4	24,4	2,3	34,0	38,4	51,5	0,20	0,50	82
	e-t		4,5	5,5	2,9	1,8	2,8	1,2	8,1	8,5	4,9	3,8	4,9	7,7	4,4	0,10	0,08	49
Hyphaene thebaica	feuille	18	89,9	7,8	3,3	1,7	47,4	1,8	72,0	49,5	11,8	22,5	37,8	25,5	34,1	2,32	0,30	13
	e-t		2,2	1,0	0,5	0,3	3,5	0,3	4,1	2,5	1,4	3,4	1,9	5,3	2,1	0,52	0,03	10
Leptadenia pyrotechnica	tige	9	91,2	10,3	4,1	1,3	32,2	5,7	63,9	55,2	15,8	8,7	39,8	49,2	51,4	0,00	0,58	40
	e-t		0,4	1,7	0,9	0,2	3,0	1,1	4,0	2,5	1,1	3,0	2,3	5,5	5,5	0,00	0,08	14
Salvadora persica	feuille	28	85,3	22,1	11,9	1,2	50,3	2,7	38,1	22,0	5,2	14,1	18,9	88,8	79,3	0,00	0,71	108
	e-t		3,8	2,9	2,3	0,8	3,4	0,8	4,2	2,8	0,7	3,5	2,4	3,7	2,7	0,00	0,08	21
Ziziphus mauritiana	feuille	10	85,2	15,5	3,0	2,8	61,3	5,1	40,3	30,6	13,1	9,7	17,5	55,8	81,9	2,50	0,54	70
	e-t		6,4	1,0	1,0	1,1	2,8	1,7	8,1	8,8	5,4	2,4	4,3	9,0	5,0	1,00	0,08	14

Tableau V.10 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique des feuilles de quatre espèces de *Ficus* de pâturages guinéens et soudaniens

	Unités	Ficus exasperata			Ficus sycomorus			Ficus thonningii			Ficus sur Forsk		
		N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.
<u>Matière Organique</u>	% MS	8	76	3	26	79	6	2	86	3	20	83	5
<u>Constituants pariétaux :</u>													
. Cellulose Brute	% MS	8	18	2	23	17	2	1	27		17	16	3
. Neutral Detergent Fiber	% MS	8	39	4	24	41	5	2	43	8	16	42	6
. Acid Detergent Fiber	% MS	8	28	4	24	33	8	2	32	9	16	35	6
. Acid Detergent Lignin	% MS	7	6	1	24	10	6	1	11		16	13	5
. ADL/ADF	% ADF	7	22	4	24	29	10	1	29		16	36	10
<u>Matière Azotée</u>													
. Totale	% MS	8	15	3	30	10	3	2	12	1	20	10	2
. Dégradable par la Pronase 1H	% MAT	8	21	4	17	16	5	1	35		14	17	7
. Liée à l'ADF	% MAT	8	13	3	24	30	19	2	17	10	18	34	13
<u>Dégradabilité de la Matière Organique</u>													
. par la Pepsine Cellulase	% MO	3	75	8	15	56	5				12	45	4
. estimée in vitro par le Gastest	% MO	6	61	3	20	54	5	1	59		14	18	7
<u>Tannin précipitant la séroalbumine bovine</u>	% MS	5	0,0	0,0	25	2,3	1,6				5	3,6	2,3
<u>Matière Grasse</u>	% MS	8	2,3	1,4	23	2,4	0,6	1	2,8		17	3,4	2,2

Toutefois la lignine, le fractionnement des matières azotées et les tanins précipitant les protéines permettent d'interpréter (qualitativement) les écarts de dégradabilité enzymatique en particulier celle de la matière organique : *Ficus exasperata*, le moins lignifié, sans tanins et avec des MAT peu liées aux parois est le plus digestible tandis que *Ficus sur forsk* a les caractéristiques inverses.

Si l'on examine la composition de ces espèces dans les principaux pays où elles ont été prélevées (tableau V.11) on observe quelques différences de composition notamment au niveau des teneurs en tanins, mais elles sont beaucoup plus faibles que celles liées à l'espèce et elles ne peuvent être reliées à des écarts de dégradabilité.

3.1.3. Composition des feuilles et gousses de *Faidherbia albida*

L'examen global des compositions chimiques et des dégradabilités enzymatiques des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* (tableau V.12) met en évidence certaines différences dont certaines inattendues :

- les gousses contiennent plus de fibres que les feuilles, mais les parois des feuilles sont plus lignifiées ;
- les teneurs en matières azotées des feuilles sont un peu plus élevées mais elles sont moins disponibles que celles des gousses. Cela est à relier à des teneurs en tanins plus importantes et à une plus forte proportion de l'azote au niveau des parois dans les feuilles ;
- globalement, la matière organique des gousses est plus digestible que celle des feuilles.

Ces observations très générales ne doivent pas occulter une forte variabilité (cf. les écarts types) à l'intérieur de chaque groupe d'échantillons.

Les tableaux V.13 et V.14 tentent de mettre en évidence des différences liées au pays d'origine, à la date de récolte, à la situation topographique. Certaines apparaissent clairement comme la plus forte teneur en MAT en début de feuillaison (16 p.100 de MS de novembre à janvier en moyenne avec des maxima de 18 p.100, contre 11 à 14 p.100 de février à avril).

D'autres plus sensibles méritent d'être approfondies comme une teneur en MAT un peu plus faible et une teneur en lignine plus élevée en bas de pente comparativement au haut de pente à la station de Watinoma où Depommier a effectué ses prélèvements : ces écarts seraient à relier à d'éventuelles différences de sol et surtout de vitesse de croissance des feuillages.

Les gousses (tableau V.14) sont disponibles sur une durée plus brève que les feuilles et la comparaison de périodes est sans objet. La comparaison des pays d'origine des prélèvements ne permet pas non plus de constituer des groupes homogènes.

Tableau V.11 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique des feuilles de *Ficus sycomorus* et de *Ficus sur forsk* suivant leur origine géographique

	Unités	Ficus sycomorus									Ficus sur Forsk					
		Côte d'Ivoire			Mali			Cameroun			Côte d'Ivoire			Mali		
		N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.
<u>Matière Organique</u>	% MS	14	78	7	6	81	4	4	79	6	15	81	5	3	87	7
<u>Constituants pariétaux :</u>																
. Cellulose Brute	% MS	13	17	2	6	17	2	4	17	2	13	15	1	3	20	5
. Neutral Detergent Fiber	% MS	14	41	4	6	41	6	4	39	9	13	41	5	3	44	9
. Acid Detergent Fiber	% MS	14	35	8	6	31	6	4	32	8	13	35	6	3	34	10
. Acid Detergent Lignin	% MS	14	12	7	6	7	3	4	9	6	13	13	4	3	12	10
. ADL/ADF	% ADF	14	32	11	6	23	4	4	27	10	13	38	8	3	31	20
<u>Matière Azotée</u>																
. Totale	% MS	14	9	2	6	11	2	8	11	4	15	10	2	3	12	4
. Dégradable par la Pronase III	% MAT	10	16	6	5	16	5	2	15	4	12	16	6	2	25	6
. Liée à l'ADF	% MAT	14	35	21	6	19	9	4	25	17	15	37	11	3	18	15
<u>Dégradabilité de la Matière Organique</u>																
. par la Pepsine Cellulase	% MO	8	56	5	5	56	5	2	53	2	10	46	3	2	39	9
. estimée in vitro par le Gastest	% MO	8	52	6	6	56	3	4	55	7	10	17	4	2	20	18
<u>Tannin précipitant la séroalbumine bovine</u>	% MS	10	3,2	1,4	6	1,9	1,2	9	1,6	1,8	3	2,2	1,5	2	0,8	5,2
<u>Matière Grasse</u>	% MS	13	2,4	0,3	6	2,2	0,8	4	2,7	1,0	13	3,6	2,5	3	2,5	0,5

Tableau V.12 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique ou *in vitro* des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* échantillonnés dans le cadre du projet ST2/215

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	FEUILLES					GOUSSES				
	Ensemble des échantillons					Ensemble des échantillons				
	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE										
<u>Matière Organique</u>	90	2	85	94	43	96	0	94	97	42
<u>Constituants pariétaux :</u>										
.Cellulose Brute	21	5	16	33	11	29	2	24	32	15
.Neutral Detergent Fiber	39	4	31	49	32	45	7	37	67	15
.Acid Detergent Fiber	29	4	20	40	42	34	4	25	42	35
.Acid Detergent Lignin	14	3	8	22	42	9	1	6	12	35
.ADL/ADF %	48	5	35	55	42	26	3	21	32	35
<u>Matières Azotées :</u>										
.Totales	13	2	10	18	43	11	2	6	15	42
.Dégradables par la Pronase	3,3	0,8	1,9	6,9	40	6,7	1,7	2,4	10,5	31
.Dégradables par la Pronase *	26	8	14	66	40	63	13	41	99	31
.Liées à l'ADF	2,7	0,8	1,6	5,2	41	1,1	0,3	0,7	1,7	33
.Liées à l'ADF *	22	5	10	34	41	11	3	6	19	33
<u>Tannin précipitant la seroalbumine bovine</u>	2,8	1,3	0,4	4,5	9	0,7	0,3	0,2	1,3	11
<u>Matière Grasse</u>	5,8	1,8	0,4	10	42	1,3	0,6	0,7	4,9	41
<u>Dégradabilité de la Matière Organique :</u>										
.par la Pepsine Cellulase **	52	5	34	60	20	63	3	58	69	12
.production de gaz	24	6	15	31	10	39	5	29	46	9
.estimé <i>in vitro</i> par le gastest **	50	5	42	55	10	57	4	49	63	9

Tableau V.13 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique de feuilles et tiges chlorophylliennes de *Faidherbia albida* suivant le mois de récolte, le pays et, pour l'un d'entre eux, la station et la situation topographique

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	FEUILLES								TIGES CHLORO- PHYLLIENNES						
	Novembre à Janvier	Février			Mars	Avril			Janvier						
	SENEGAL MALI BURKINA TCHAD	BURKINA-FASO (1)			SENEGAL BURKINA TCHAD	BURKINA-FASO (1)			TCHAD						
		Watinoma				Dossi	Watinoma		Moy.						
		Moy.	E.T.				Moy.	E.T.							
Moy.	E.T.	Haut pente Moy.	Bas pente Moy.	E.T.	Moy.	E.T.	Haut pente Moy.	Bas pente Moy.	E.T.						
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE															
N maximum	6		5	5	4	10	5	5	1						
Matière Organique	91	2,1	89	2,7	90	1,1	88	1,1	89	1,5	90	0,5			
Constituants pariétaux :															
.Cellulose Brute	22	2,7			20	3,1							27		
.Neutral Detergent Fiber	40	3,0	39	5,5	39	2,9			37	1,9	38	1,6	61		
.Acid Detergent Fiber	27	5,6	27	3,8	30	2,1	27	2,8	28	3,3	30	1,7	57		
.Acid Detergent Lignin	12	3,6	12	2,3	15	1,5	14	1,7	13	1,8	16	1,1	34		
.ADL/ADF %	42	5	49	2	50	2	50	3	47	3	52	2	60		
Matière Azotée :															
.Totale	16	2,2	13	0,8	12	1,1	14	2,1	12	0,9	12	0,7	18		
.Dégradable par la Pronase *	22	3,4	26	3,8	25	6,0	20	5,4	28	1,2	27	3,0	16		
.Liées à l'ADF *	18	5,7	18	2,1	23	2,7	25	11	19	3,5	25	2,1	47		
Tannin précipitant la seroalbumine bovine	2,9	1,2			2,9	0,8							0,5		
Matière Grasse	3,7	1,1	6,2	1,4	6,2	1,1	5,3	1,7	6,2	1,3	7,5	1,7	6,8	0,8	4,9
Dégradabilité de la Matière Organique															
.par la Pepsine Cellulase **	50	2,2			52	2,0	48	10			54	4,3		26	
.estimé in vitro par le gastest **	52	3,7					48	6,6						40	

(1) échantillons prélevés par Depommier (IRBET/CIRAD-Forêt)

Tableau V.14 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique de gousses, de pulpe et de graines de *Faidherbia albida* suivant le pays et, pour l'un d'entre eux, la station et la situation topographique

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	GOUSSES SECHES				GOUSSES								Pulpes des gousses (sans graines)	Graines
	Février		Mars		Moyennes par Pays									
	BURKINA-FASO				MALI		NIGER		SENEGAL		TCHAD			
	Watinoma (1)		Dossi (1)											
	Haut pente Moy. E.T.	Bas pente Moy. E.T.	Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		MALI	
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE														
N maximum	5	5	10	21	3	4	12	1		1	1			
Matière Organique	96 0,2	96 0,1	96 0,6	96 0,6	96 0,4	96 0,2	96 0,4	96		95	96			
Constituants pariétaux :														
.Cellulose Brute				32		24	29 1,2	26		31	8			
.Neutral Detergent Fiber				48		67	43 1,8	37		44	21			
.Acid Detergent Fiber	31 4,2	32 2,4	36 3,8	34 4,0		42	34 1,7	28		35	16			
.Acid Detergent Lignin	8 1,0	9 1,1	9 1,9	9 1,6		9	9 1,0	7		9	4			
.ADL/ADF %	25 1	28 2	25 3	26 3		21	28 3	24		26	27			
Matière Azotée :														
.Totale	11 1,2	11 1,0	10 2,2	10 1,7	11 0,2	13 1,4	11 0,5	11		6	27			
.Dégradable par la Pronase *	58 1,9	53 6,3	74 14	62		65	60 12	69		42	71			
.Liées à l'ADF *	9 2,1	10 2,2	11 3,6	10 3,1			11 2,5	7		19	5			
Tannin précipitant la seroalbumine bovine				0,6			0,7 0,4	1,1		0,8	0			
Matière Grasse	1,3 0,2	1,2 0,1	1,1 0,2	1,2 0,2	1,4 0,0	2,2 1,8	1,0 0,2	1,3		2,5	2,5			
Dégradabilité de la Matière Organique														
.par la Pepsine Cellulase **				58			63 2,0	69		63	92			
.estimé in vitro par le gastest **				56	63		55 3,8	60		5	84			

(1) échantillons prélevés par Depommier (IRBET/CIRAD-Forêt)

En fait, une grande partie des écarts entre échantillons doit être due à des différences de composition anatomique :

- les tiges chlorophylliennes (tableau V.13), en proportions variables dans les échantillons de feuilles *sensu lato*, sont plus riches en fibres mais aussi en azote que les feuilles *stricto sensu* et leur azote est moins disponible alors que leur teneur en tanin est apparemment (un seul échantillon) plus faible ;
- les pulpes et les graines qui constituent les gousses ont des compositions très différentes : les fibres et les tanins sont surtout localisés dans la pulpe, alors que les graines contiennent la plus grande partie de l'azote et qu'elles sont très digestibles (tableau V.14).

Il est évident que les variations de proportions de limbes et de tiges d'une part, de pulpes et de graines d'autre part influencent fortement la composition des échantillons ou des fourrages ingérés par les animaux. Ces proportions dépendent certes de facteurs génétiques, mais aussi de facteurs de milieu qui déterminent le développement des plantes et aussi du comportement de l'animal ou du collecteur de prélèvement.

Ces exemples montrent combien les échantillons doivent être constitués et décrits avec précision pour que leur analyse fournisse une information optimale. Ils montrent aussi que l'échantillonnage doit être d'autant plus minutieux que l'objectif est fin : c'est le cas, par exemple, pour la recherche d'une variabilité génétique des espèces utilisées en agroforesterie.

Ces exemples sont aussi conformes à la variabilité mise en évidence au tableau V.9 par Ickowicz (1994). Les coefficients de variation des principaux critères analytiques intra espèce sont en moyenne de 20 p.100 mais ils peuvent être beaucoup plus élevés.

Le paragraphe suivant a pour but de décrire et, parfois, d'analyser ces variations pour quelques exemples.

3.2. Effet de la saison et du site de prélèvement sur la composition chimique et la dégradabilité enzymatique des fourrages ligneux

Remarque - Il est entendu ici par "site", la station de prélèvement à l'intérieur d'une région géographique ou agroclimatique. Il ne s'agit pas d'effectuer des comparaisons entre pays déjà évoqués au § 3.1., mais d'étudier l'effet d'une situation topographique (comme au § 3.1.3 ci-dessus) ou d'un faciès.

3.2.1. Variations mensuelles des teneurs en MAT des principales espèces du ranch de Niono au Mali (tableau V.15)

Ce tableau montre que, pour les treize principales espèces de cette station sahélienne, les teneurs les plus élevées en MAT sont enregistrées à la période de croissance foliaire maximale soit en saison des pluies. *Acacia senegal* est nettement plus riche en azote (plus de 300 g de MAT/kg MS) que les autres espèces qui se répartissent entre 120 et 200 g de MAT/kg MS.

Tableau V.15 - Teneurs en MAT (g/kg MS) des feuilles des principales espèces ligneuses des parcours du ranch de la SRZ de Niono - Mali suivant le mois de récolte (d'après Kassambara 1992)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Février	Mars	Avril
EPINEUX												
Acacia senegal	202	290	311	307	282	365	173	212	190	176		
Acacia seyal		177	162	159	138	146	133	126	154	146	151	
Balanites aegyptiaca	128	185	195	191	157	153	149	137	137	119	141	150
Dichrostachys cinerea	174	144	194	153	159	164	147	148	135	120		
Ziziphus mauritiana	106	187	131	148	133	140	135	136	137	119	153	125
COMBRETACEAE												
Combretum aculeatum	146		167	159	154	153	135	126	109	95		
Combretum fragrans	97	122	127	113	105	98	89	86		69	107	74
Combretum micranthum		246	197	187	168	172	140	104	111	138	89	
Guiera senegalensis	123	141	148	155	139	109	100	99	135	86	96	109
AUTRES ESPECES												
Pterocarpus erinaceus	180	135	149	179	159	165	162	140		97	170	162
Commiphora africana		147	170	177	120	145	132	110	133	123		
Feretia apodanthera			195	165	157	136	105	90	92	90		
Sclerocarya birrea	87	104	124	128	130	125	84	86	91	82	67	116

La saison sèche entraîne une baisse de 50 p.100 en moyenne de la teneur en MAT avec des minima qui se situent suivant les espèces entre décembre et mars en saison sèche fraîche. A cette période, le bétail dispose de feuilles âgées, souvent peu appréciées, de valeur azotée minimale.

Mars, avril, mai voient aussi la disparition complète des feuilles sur certaines espèces, toutefois d'autres telles que *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et le très apprécié *Pterocarpus erinaceus* assurent à cette période un minimum de complémentation azotée. Quelque temps avant les pluies et au début de celles-ci *Dichrostachys cinerea*, *Acacia senegal*, *Combretum aculeatum* fournissent un fourrage encore rare mais de bonne valeur nutritive qui aide les animaux à passer la période de soudure.

Pour mettre en évidence la complémentarité des espèces végétales sur les plans de la disponibilité et de la qualité, il serait utile d'associer ces variations de composition aux cycles phénologiques et aux variations saisonnières des préférences alimentaires des herbivores.

3.2.2. Variations saisonnières et suivant le site de la composition chimique et de la dégradabilité d'espèces sahéliennes au Tchad (Ickowicz 1994 : le texte qui suit lui est directement emprunté)

"L'origine des variations des critères analytiques d'une espèce peut être d'ordre génétique (variété, souche, individu) mais nous avons recherché quelle pouvait être la part de variation expliquée par la saison et le site écologique. Notre protocole d'échantillonnage a été établi pour nous permettre cette analyse sur sept espèces pour la saison, quatre pour l'effet site".

3.2.2.1. Variations saisonnières (Ickowicz 1994)

Pour réaliser cette analyse, nous avons eu recours à une méthode dérivée des séries chronologiques (ITCF 1992). Les méthodes classiques requièrent en effet une régularité d'échantillonnage que nous n'avons pas pu assurer pour des raisons déjà évoquées (cf. Thèse de Ickowicz, 1994).

Notre étude concernant uniquement les saisons sèches d'octobre 1990 à avril 1993, nous avons découpé la saison sèche en cinq périodes correspondant au rythme de prélèvement des échantillons :

- saison S1 : octobre - novembre
- saison S2 : décembre - janvier
- saison S3 : février - mars
- saison S4 : avril - mai
- saison S5 : juin - juillet

Nous avons ensuite créé cinq nouvelles variables logiques S1, S2, S3, S4 et S5 pour lesquelles chaque échantillon prend la valeur 0 ou 1 selon qu'il a été prélevé ou non à cette période, quelle que soit l'année de prélèvement.

L'étude statistique consiste ensuite, pour chaque espèce ligneuse, à réaliser une analyse de régression linéaire multiple en prenant chaque critère analytique (MAT, NDF, SMO,...) comme variable à expliquer et les cinq saisons comme variables explicatives.

Il faut cependant veiller à ne prendre que les échantillons provenant de sites sur lesquels les cycles phénologiques de l'espèce sont à peu près synchrones afin de ne pas introduire une variabilité intra-saison trop importante qui limiterait la sensibilité du test.

Le tableau V.16 présente les résultats de cette analyse. On y observe que, pour certains critères analytiques, aucun effet saison significatif n'a été identifié (MAadf, HEMIC) de même que pour deux espèces ligneuses (*Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*) :

- pour MAadf et HEMIC, ceci est pourtant à mettre en relation avec des variations intra-espèces généralement importantes de ces deux critères dont l'origine n'a donc pu être attribuée à un effet saison ;
- *Balanites aegyptiaca* est une espèce chez laquelle les critères analytiques sont assez stables avec des coefficients de variation voisins de 10 p.100 ;
- *Ziziphus mauritiana* présente au contraire des variations importantes (CV > 20 p.100) que l'on n'a pas pu attribuer à un effet saisonnier ;
- la lignification des parois (ADL/ADF) est un critère également peu variable sur nos échantillons (des feuilles en général) sauf pour les tiges de *Capparis decidua* où un effet saison significatif est observé ;
- les variations des critères analytiques du *Salvadora persica* sont généralement faibles (CV < 15 p.100), seul un effet saison sur la dMOgt a été identifié.

Tableau V.16 - Résultats de l'analyse de l'effet saisonnier sur la valeur des critères analytiques pour sept espèces ligneuses

Espèces	Eff	MAT	NPRO1	MAadf	ADF	ADL/ADF	HEMIC	SMO	dMOgt(*)
<i>Acacia senegal</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS
<i>Balanites aegyptiaca</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Boscia senegalensis</i>	25	***	***	NS	***	NS	NS	***	NS
<i>Capparis decidua</i>	20	***	***	NS	***	***	NS	***	***
<i>Cordia sinensis</i>	14	NS	*	NS	NS	NS	NS	***	NS
<i>Salvadora persica</i>	26	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
<i>Ziziphus mauritiana</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS : non significatif

(*) Chapitre VII

* : P < 0,05

** : P < 0,01

*** : P < 0,001

De ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

- certaines espèces ligneuses présentent une relative stabilité de leurs critères analytiques (*Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*) pour lesquels la saison paraît avoir pas ou peu d'effet ;
- d'autres espèces présentent des variations importantes pour lesquelles la saison a pu être identifiée comme facteur déterminant ;
- pour *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*, cet effet n'est pas démontré. L'effectif un peu faible (N=10) a pu limiter la sensibilité de l'analyse. D'autres études (Piot *et al.* 1980, Kone 1987) ont en effet montré des teneurs en MAT et parois sensiblement différentes (20 à 50 p.100) selon la date de récolte pour les deux dernières espèces ;
- les décalages interannuels des cycles phénologiques d'une espèce peuvent avoir également limité la sensibilité de notre analyse. En effet, nous avons regroupé par saison des échantillons prélevés sur trois années aux mêmes dates. Or, ce décalage peut avoir introduit une variance intra-saison importante. L'étude de l'effet saison, que l'on peut assimiler à un effet phénologie, devrait, pour être plus fine, s'appuyer sur les stades phénologiques. Mais la programmation de l'échantillonnage devient alors difficile à maîtriser car la phénologie est très dépendante des aléas climatiques. Des prélèvements à un rythme bimensuel sont à conseiller pour cet objectif.

Dans les cas où un effet significatif est identifié, il est possible, grâce à la procédure statistique utilisée, d'établir une équation de prévision permettant, pour chaque espèce ligneuse, d'estimer la valeur du critère analytique selon la saison. Le tableau V.17 donne ces équations.

On note que l'effet saisonnier est loin d'être négligeable. Les coefficients saisonniers de ces équations prennent en effet des valeurs comprises entre 5 et 15 p.100 de la matière organique (MO).

Les variations très fortes de SMO et dMOgt de *Capparis decidua* sont cohérentes avec celles des teneurs en parois et MAT. En revanche, les importantes variations de SMO d'*Acacia senegal* et *Cordia sinensis*, malgré la stabilité des autres critères, sont difficiles à expliquer. Un défaut de sensibilité de l'analyse peut être en cause (nombre d'échantillons trop faible, variations intra-saisons trop fortes).

Nous avons démontré un "effet saison" significatif pour certaines espèces ou critères analytiques mais observé que l'ensemble des variations n'étaient pas expliquées par ce facteur. Nous avons alors recherché un éventuel "effet site".

3.2.2.2. Variations en fonction du site écologique (Ickowicz 1994)

Cette analyse a été menée sur les espèces suivantes :

<i>Capparis decidua</i>	<i>Salvadora persica</i>
<i>Boscia senegalensis</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>

Une première approche a consisté, pour une espèce, à calculer, pour les différents critères, les moyennes par site des échantillons prélevés de 1990 à 1993 et de comparer ces moyennes. Elle s'est avérée insuffisamment sensible à cause des variations saisonnières intra-sites.

Tableau V.17 - Equations de prévision des critères analytiques en fonction de la période de saison sèche pour les ligneux étudiés au Tchad (en p.100 de M0)

Espèces	Boscia senegalensis	Salvadora persica	Capparis decidua	Acacia senegal	Cordia alliodora
Effectif	25	28	20	10	14
MAT r2 étr	20,7+(13,4 S1)+(4 S2)+(2,7 S3) (0,92) (1,43)	22,1	14,7+(9,5 S1)+(7,6 S2) (0,61) (3,15)	30,2	22,2
NPRO1 r2 étr	11,2+(8,4 S1)+(2,2 S2) (0,84) (1,41)	11,9	8,4+(6 S2) (0,52) (2,61)	10,5	5,4+(4,9 S4) (0,52) (12,1)
ADF r2 étr	30,8-(5,1 S1)+(2,8 S2) (0,70) (1,72)	22	49,2-(14,2 S1)-(13,5 S2) (0,66) (4,84)	21,8	58,4
ADL/ADF r2 étr	0,4	0,2	0,3-(0,1 S2) (0,51) (0,04)	0,4	0,4
SMO r2 étr	58,9+(11,8 S1)-(3,7 S2) (0,78) (3,28)	88,6	35,4+(21,7 S1)+(19,4 S2) (0,63) (8,50)	66,6+(13,1 S1)+(13,8 S2) (0,79) (3,50)	55,7-(22 S1)-(21,5 S2) (0,89) (2,89)
DMOgl r2 étr	53,7	79,4+(3,5 S2)-(3,8 S5) (0,51) (2,06)	43,2+(13,9 S1)+(19,3 S2) (0,94) (1,80)	57,1	51,5

S1: octobre-novembre

S2: décembre-janvier

S3: février-mars

S4: avril-mai

S5: juin-juillet

S1 à S5 prennent les valeurs 0 ou 1

Nous avons repris l'analyse en utilisant la méthode des couples appariés qui permet d'éliminer l'effet saison éventuel. Nous avons sélectionné pour chaque espèce les échantillons prélevés aux mêmes dates sur deux sites à comparer et calculé les différences à chaque date. Nous avons ensuite comparé la moyenne des différences à une moyenne nulle, moyenne théorique en cas d'identité des deux sites.

Cette méthode a limité le nombre d'analyses à cause des données manquantes (périodes sans prélèvements simultanés). Les résultats (tableau V.17) nous montrent que :

- le critère MAT est le plus sensible au site. C'est le cas pour *Capparis decidua*, *Boscia senegalensis* et *Ziziphus mauritiana* ; NPR01 est également sensible au site pour *Boscia senegalensis*. Ceci est un effet induit des variations de MAT avec le site car NPR01 (= dMApro1 = DE1) exprimé en p.100 de MAT ne présente pas de variations significatives avec le site ;
- pour les autres critères, aucun effet significatif n'a été trouvé sauf pour dMOgt chez *Capparis decidua* ;
- aucun "effet site" significatif n'a été démontré chez *Salvadora persica*.

Tableau V.18 - Effets sites significatifs ($p < 0,05$) observés sur des critères analytiques de quatre espèces ligneuses (en p.100 de MO)

		N	(B1-B2)	(B1-B3)	(B2-B3)	(B2-Ka)
<i>Capparis decidua</i> (tige)	MAT	6	-1,06	NS	NS	-
	dMOgt	5	-1,80	NS	NS	-
<i>Boscia senegalensis</i>	MAT	7	1,75	1,51	NS	-
	NPR01	7	1,14	1,27	NS	-
<i>Ziziphus mauritiana</i>	MAT	3	-	-	-	1,93

B1 : Bachoum 1 B2 : Bachoum 2

B3 : Bachoum 3 Ka : Kardéri

N : Nombre de couples analysés

Le tableau V.18 nous permet de noter que :

- l'effet site est très inférieur à l'effet saison, les valeurs étant de l'ordre de 1 à 2 p.100 ;
- selon l'espèce considérée, on peut observer ou non une différence entre site.

Ceci met en évidence que la valeur nutritive des ressources fourragères ligneuses d'un pâturage est dépendante de la saison alors que l'effet site paraît négligeable. L'ampleur des variations dues à la saison nécessite que l'on en tienne compte dans l'établissement d'un bilan fourrager. Des études complémentaires sur d'autres espèces ligneuses seraient utiles pour compléter ces résultats. Ceux-ci sont conformes, quant à l'amplitude des variations enregistrées et aux critères chimiques sensibles (MAT et parois)

aux conclusions d'études menée dans d'autres pays sur d'autres espèces (Piot *et al.* 1980, Kone 1987).

3.3. Relations entre quelques paramètres chimiques et de dégradabilité enzymatique caractérisant les fourrages ligneux (exemples)

3.3.1. Ensemble des résultats

L'examen global (ensemble des échantillons) des résultats analytiques permet de mettre en évidence l'étendue des variations et les liaisons entre paramètres. Il a été effectué en cours de programme pour vérifier la conformité des résultats avec les travaux antérieurs et leur cohérence en ce qui concerne les variations de digestibilité.

Le tableau V.19 confirme, par exemple, que la digestibilité enzymatique (deg MO dans le tableau) ou *in vitro* (gastest - exprimée par ME dans le tableau - chapitre VII) de la matière organique est peu liée à la teneur en azote total (N) et que la liaison est un peu plus étroite si on considère l'azote non lié à l'ADF ($N_{non\,adf} = ADIN$ dans le tableau). En revanche, les teneurs en parois ADF et ADL expliquent, de façon équivalente, 50 p.100 des variations de la dégradabilité enzymatique, mais seulement 25 à 30 p.100 de celles de la digestibilité *in vitro* (gastest). La dégradabilité enzymatique (SMO) est, parmi les paramètres étudiés, le meilleur prédicteur de la digestibilité *in vitro* (dMOgt).

Le tableau V.20 n'indique qu'un faible gain de précision quand les matières azotées dégradables sont prédites à partir de l'azote non lié à l'ADF ($N_{non\,adf}$) plutôt qu'à partir de l'azote total (N). On remarque aussi une liaison très étroite entre les mesures de solubilité (S - Verité et Demarquilly 1978) et les mesures de dégradabilité par la pronase, ce qui permet d'envisager des comparaisons d'échantillons, d'espèces etc. étudiées par des méthodes différentes.

Cette exploitation globale des résultats renseigne sur les règles de variation de la valeur nutritive et sur la pertinence relative des paramètres mesurés. En revanche, pour la mise au point d'équations de prédiction de la digestibilité ou pour hiérarchiser les espèces suivant leur intérêt fourrager, il est préférable de considérer des ensembles d'échantillons botaniquement homogènes ou encore de se limiter à un nombre restreint d'espèces présentes dans un milieu donné (cf. ci-dessous = § 3.3.2 et 3.3.3).

3.3.2. Feuilles et gousses de *Faidherbia albida*

La figure V.2 (§ 2.1.2) illustre les relations existant entre deux critères pariétaux.

Le but des analyses chimiques est, outre l'estimation des teneurs en nutriments bruts, la prédiction de leur digestibilité. La dégradabilité enzymatique sans être l'expression exacte de la digestibilité en est un estimateur correct. Les relations qui peuvent être établies entre composition chimique et dégradabilité enzymatique, surtout si elles sont en cohérence avec les mécanismes physiologiques de la digestion, sont utiles à l'élaboration des systèmes de prédiction de la valeur nutritive des aliments. Les exemples des figures V.6 à V.8 illustrent la démarche qui peut être appliquée aux espèces dont la composition et la valeur sont variables et nécessitent une évaluation individuelle des échantillons de fourrage :

- la teneur en ADF permet d'expliquer 87 p.100 des variations de la SMO si les échantillons sont clairement identifiés : feuillages ou gousses (figure V.6) ;

- dans l'ignorance ou le doute sur la nature exacte des échantillons on peut aussi prévoir la SMO en fonction de la teneur en ADL, mais la précision est alors moins bonne : 79 p.100 de variation expliquée (figure V.7) ;

- en revanche, la teneur en tanins précipitants quoique assez variable pour les feuilles (de 1,5 à 5 p.100 de MO) semble sans influence sur les variations (intra espèce) de leur dégradabilité enzymatique.

Tableau V.19 - Relation between chemical composition, enzymatic organic water degradability (DEGMO) (= SMO) and metabolisable energy (ME) predicted by gatestest

Means and variations

Variables	No	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
N x 6.25 (g/kg DM)	379	143	64	4	401
(N-ADIN)x6.25 "	173	122	69	9	385
ADF "	206	320	131	95	730
ADL "	192	121	67	13	374
degMO (= SMO) (%)	121	55	17	21	93
ME (kcal/kg DM)	342	1759	452	541	3128

Pearson correlations coefficients and residual standards deviations of determinations

Variables	N	N-ADIN	ADF	ADL	ME	degMO
ME (kcal/kg DM) R	0.42	0.50	-0.56	-0.54	1	0.77
s.r.d.						300
degMO (%) R	0.13	0.28	-0.75	-0.72	0.77	1
(= SMO) s.r.d.					12	

ADIN : acid detergent insoluble nitrogen (= N in ADF)

Tableau V.20 - Relations between chemical composition and enzymatique degradability of nitrogen

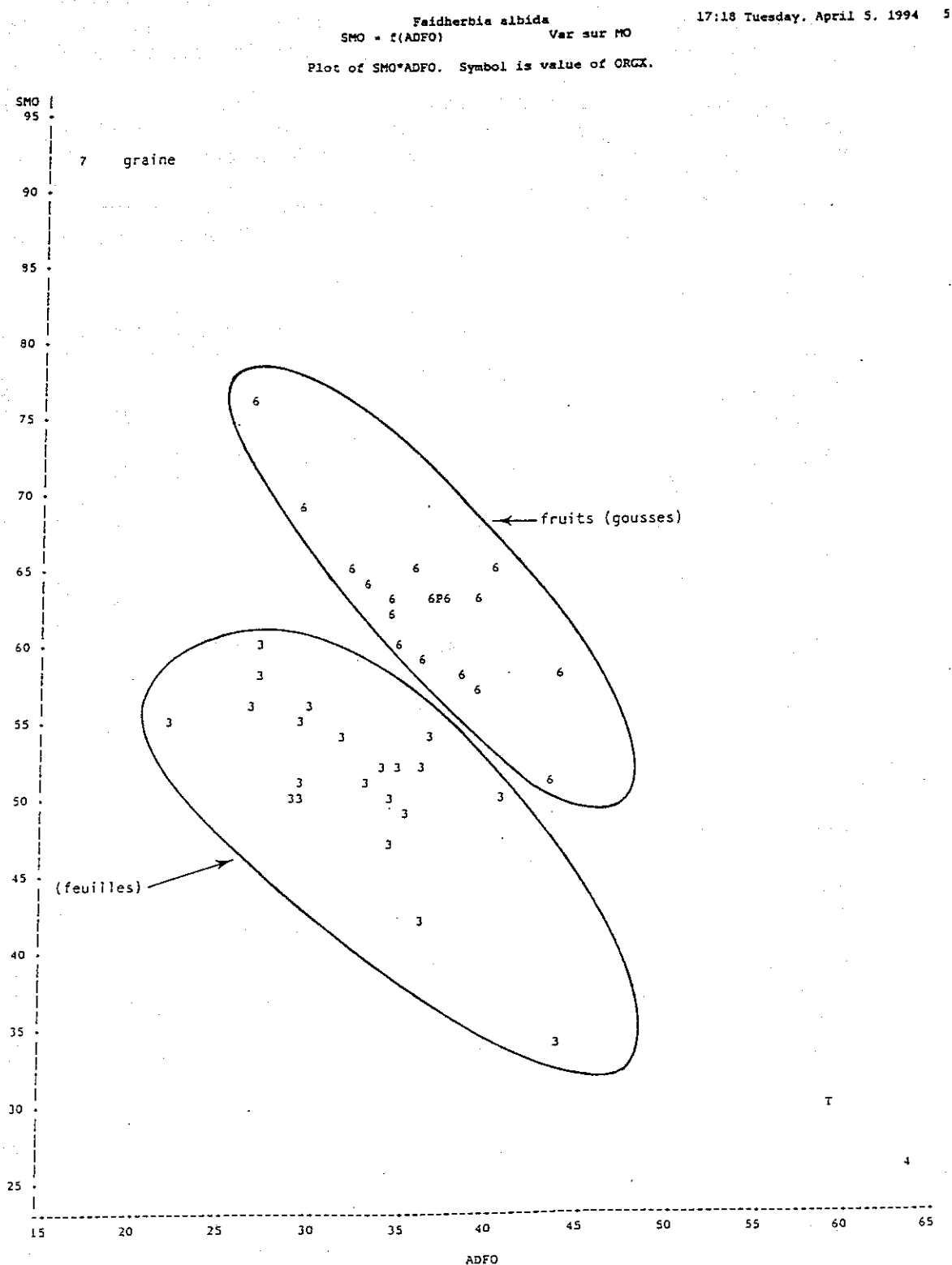
Means and variations

Variables	No	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
N x 6.25 (g/kg DM)	727	141	59	18	401
(N-ADIN)x6.25 "	675	117	60	3	385
ADF "	708	330	113	95	745
ADL "	691	129	64	9	400
NSoluble (%Total N)	300	24	14	4	67
Ndeg.pepsine "	187	57	21	7	95
Ndeg.pronase "	546	32	16	2	82
(Nx6.25)soluble (g/kg DM)	300	38	31	4	201
(Nx6.25)deg.pep. "	187	88	56	6	256
(Nx6.25)deg.pro. "	546	47	36	2	231

Pearson correlations coefficients and residual standards deviations of determinations

					N x 6.25		
g/kg DM	N	N-ADIN	ADF	ADL	sol	degpep	degpro
(Nx6.25)soluble R	0.72	0.75	-0.26	-0.30	1	0.79	0.95
s.r.d.							
(Nx6.25)deg.pep. R	0.84	0.89	-0.35	-0.33	0.79	1	0.88
s.r.d.		25					
(Nx6.25)deg.pro. R	0.75	0.82	-0.46	-0.46	0.95	0.88	1
s.r.d.		20			12		

Figure V.6 - Relation entre la teneur en ADF et la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase des principaux organes de *Faidherbia albida*



NOTE: 45 obs had missing values. 2 obs hidden.

$$SMO = 92 - 0.82 ADFO - \Delta$$

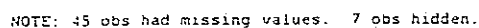
$\Delta = -14$ pour les feuilles

$\Delta = 0$ pour les gousses

N = 43 $R^2 = 0.874$ $etr = 3.5$

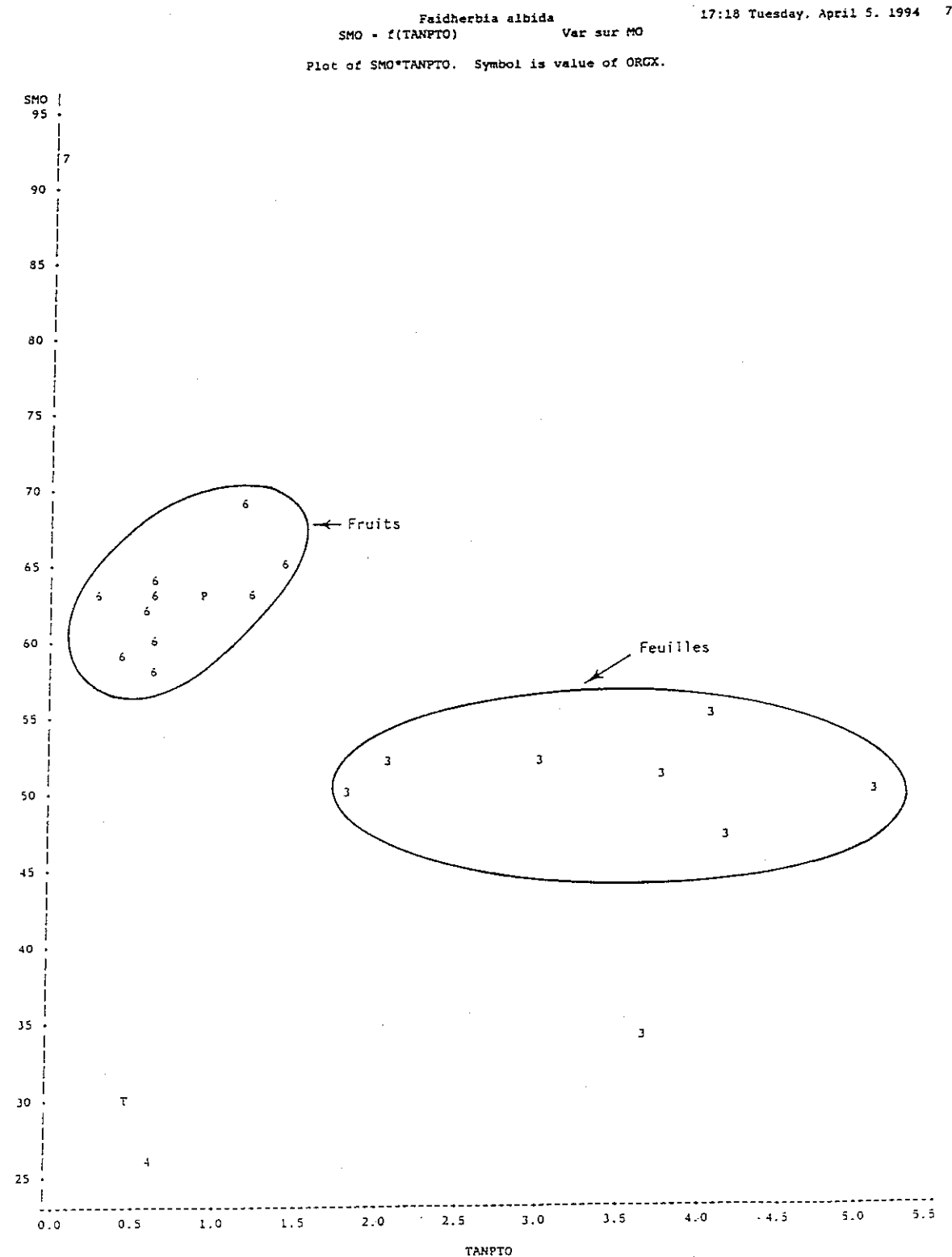
SMO en p.100 de MO

ADF en g/kg MO



SMO = 76.6 - 1.55 ADLO
N = 43 $R^2 = 0.79$ $etr = 4.3$
SMO en p.100 de MO
ADLO en g/kg MO

Figure V.8 - (Absence de) relation entre la teneur en tanins précipitants et la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase des principaux organes de *Faidherbia albida*



NOTE: 67 obs had missing values.

3.4. Essai de classification des espèces ligneuses suivant leurs caractéristiques chimiques et de dégradabilité enzymatique (d'après les travaux de Christian Corniaux, N. Durand et J.M. Sarraihi - CIRAD-EMVT - Nouvelle Calédonie)

L'exemple retenu est relatif à un ensemble de 46 espèces ligneuses de Nouvelle Calédonie (Annexe V.5). Ces 46 espèces identifiées comme fourragères ont fait l'objet de prélèvements (un échantillon par espèce) de rameaux, fleurs et fruits analysés au laboratoire.

Un premier examen des données permet de mettre en évidence la diversité des caractéristiques analytiques : compositions chimiques et dégradabilités enzymatiques (ce chapitre), dégradabilités *in vitro* par le gastest (chapitre VII), teneurs en tanins précipitants (chapitre VI) (tableau V.21 et figures V.9 à V.11).

Dans le but d'esquisser une première typologie des espèces suivant leur intérêt fourrager, plusieurs analyses en composantes principales suivies de classifications automatiques ascendantes hiérarchiques ont été effectuées.

Compte tenu des fortes corrélations entre les paramètres (tableau V.22) et des différents niveaux d'analyses envisageables, cette démarche a été appliquée aux groupes de variables suivantes :

a) Critères chimiques seuls :

. deux critères pariétaux :

NDF qui exprime la teneur en parois totales

ADL/ADF qui exprime l'importance de la lignification.

NB- à la place de NDF on aurait pu retenir ADF ou ADL qui expriment plus l'indigestibilité. Il s'est avéré que sur cet ensemble d'échantillons, qui comprenait des fleurs, des fruits, NDF était un meilleur prédicteur de la dégradabilité enzymatique ou in vitro.

. Deux critères azotés : le pourcentage d'azote lié à l'ADF (Nadf) et les matières azotées non liées à l'ADF, MA_{non}adf. En effet, sachant a priori que les MAT ne sont pas un bon estimateur de la valeur nutritive des fourrages ligneux, on leur a préféré des critères rendant mieux compte de leur fraction disponible : le premier exprime l'importance du "blocage" de l'azote, le deuxième applique ce coefficient à la teneur en azote total.

. La teneur en tanins précipitants = malgré son faible pouvoir prédicteur de la digestibilité, ce paramètre est corrélé négativement aux dégradabilités enzymatiques et *in vitro* ; il agit aussi sur l'appétibilité (phénomène d'astringence qui ne peut être directement étudié au laboratoire). Il est donc important d'en tenir compte dans l'évaluation des échantillons.

Parmi ces critères, Nadf et MA_{non}adf sont ceux qui expriment le plus la valeur nutritive. Ils ont donc été exclus des analyses suivantes pour éviter la redondance des variables.

Figure V.9 - Effectifs par classe de teneur en MAT

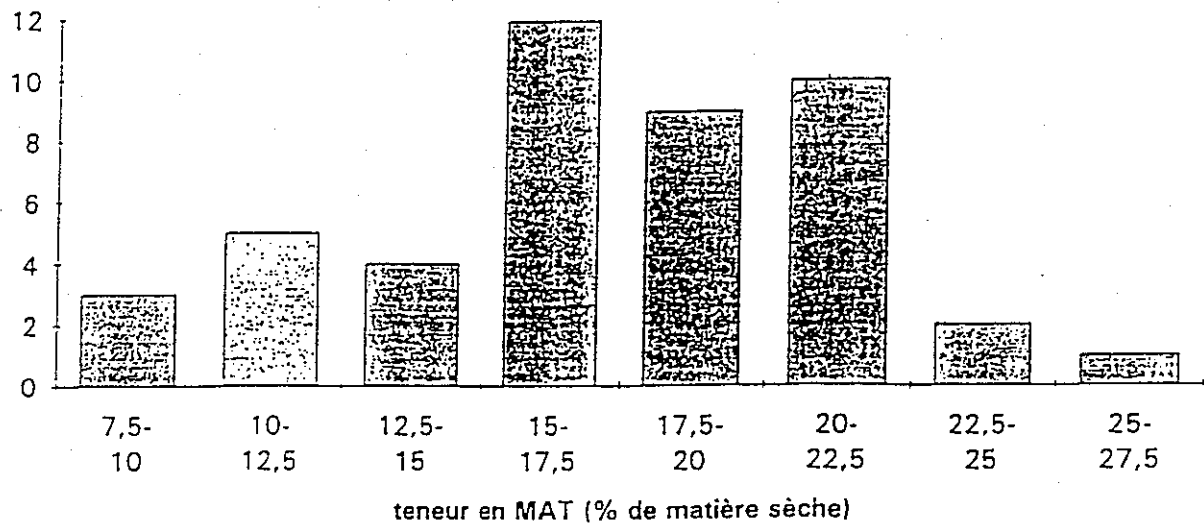


Figure V.10 - Effectifs par classe de teneur en NDF

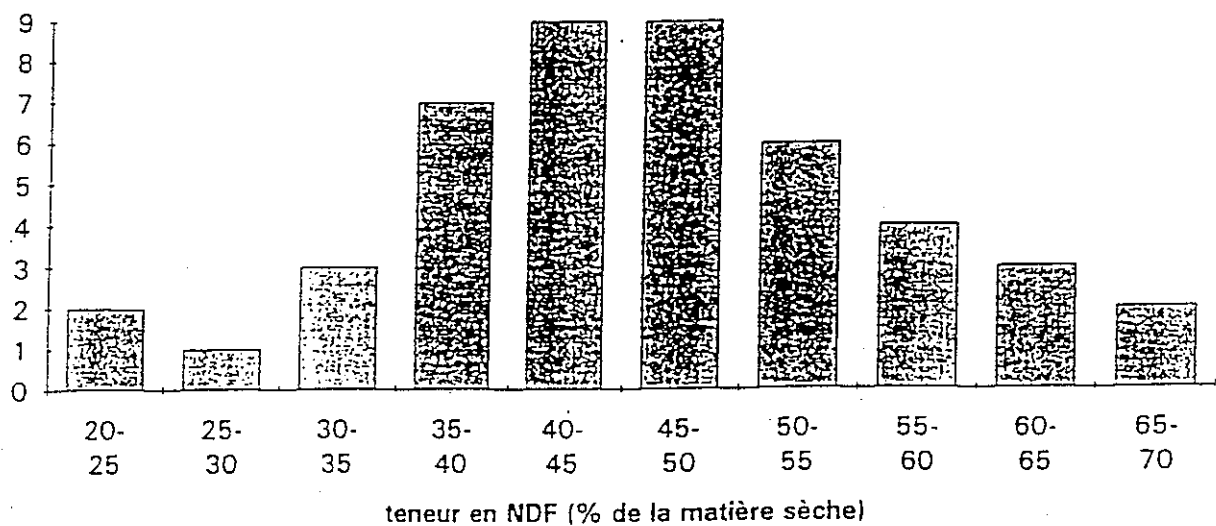


Figure V.11 - Effectifs par classe de teneur en tanins

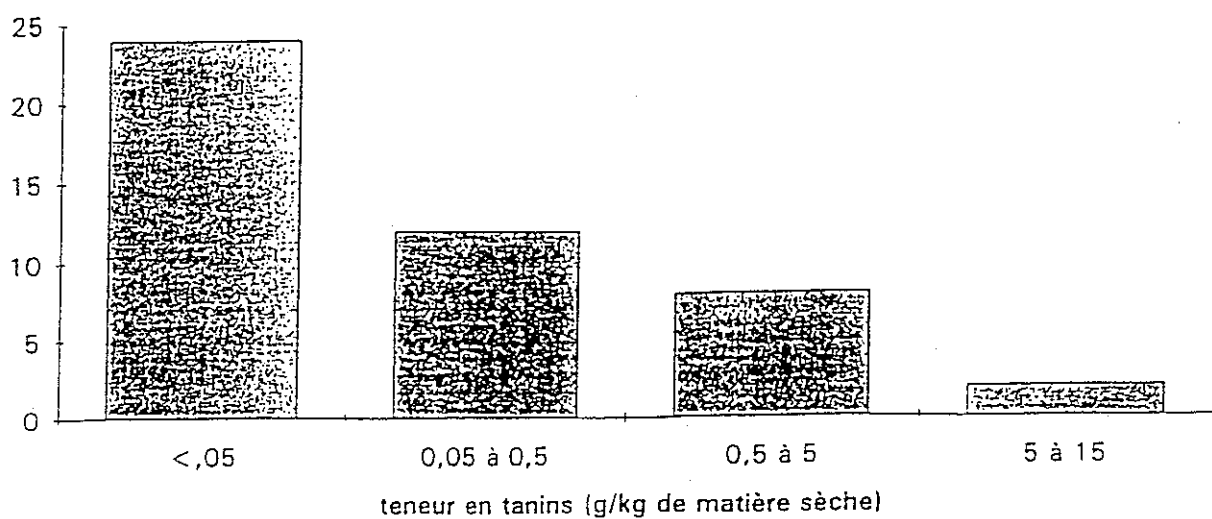


Tableau V.21 - Valeurs moyennes, écart-type et valeurs extrêmes des caractéristiques analytiques des échantillons de Nouvelle Calédonie

The SAS System				16:02 Tuesday, November 15, 1994		1
Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
MO	45	90.37	3.53	79.53	95.82	
MAT	45	17.07	4.50	7.75	29.27	
MG	45	4.25	1.28	2.38	8.00	
CB	45	26.83	7.31	14.47	41.10	
ENA	45	42.22	7.70	26.13	56.90	
NDF	45	49.29	9.61	26.98	75.10	
ADF	45	38.41	10.83	20.50	67.11	
ADL	45	18.58	8.54	6.37	39.11	
SMO	45	50.28	13.25	19.99	78.46	
NPRO1	45	24.34	10.73	7.20	59.72	
NADF	44	27.53	21.16	5.10	77.57	
DMOGT	45	49.57	9.12	32.40	68.20	
TANPT	45	0.86	1.96	0.00	10.36	
MAADF	44	4.39	3.20	0.89	12.41	
MANADF	44	12.70	5.68	2.19	27.78	
MAPRO	45	4.31	2.63	0.82	14.95	
DMACT	45	3.79	3.21	0.20	14.25	

Tableau V.22 - Matrice de corrélations totales avec sélection des coefficients compris entre 0.290 et 1.000 pour N = 45 (P<0,05)

	NDF	L/ADF	MAT	Nadf	MANad	TANpt	SMO	DMOgt	MApro	MAgt
NDF	...									
L/ADF	...	...						
MAT	...	...	...				
Nadf	0.450	0.535	-0.299	...						
MANad	...	-0.399	0.791	-0.802	...					
TANpt	...	...	...	...	...	...
SMO	-0.721	-0.480	...	-0.461	0.311	...	...	
DMOgt	-0.544	-0.380	...	-0.317	...	-0.305	0.865	...		
MApro	...	-0.435	0.634	-0.625	0.790	...	...	...	...
MAgt	...	-0.348	0.560	-0.539	0.711	-0.326	0.405	0.511	0.696	...

MANad = MANonadf

b) critères enzymatiques associés aux critères pariétaux et à la teneur en tanins

Les critères enzymatiques sont la dégradabilité de la matière organique par la pepsine cellulase (SMO) et la teneur en matières azotées dégradées par la pronose (MA_{pro}) ; ce deuxième critère, qui intègre la teneur en MAT, est un estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen (MA_{pro} = MAT x DE1 ou MAT x dMA_{pro}).

Les critères enzymatiques, en particulier SMO, sont fortement corrélés aux critères de dégradabilité "in vitro" par le gastest. Ils ont donc été exclus de la dernière analyse.

c) critères de dégradabilité *in vitro* (chapitre VII) associés aux critères pariétaux et à la teneur en tanins

Il s'agit de la dégradabilité de la matière organique mesurée par le gastest (dMO_{GT}) et de la teneur en matières azotées dégradables par le gastest (MA_{GT}) qui, comme MA_{pro}, est un estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen.

Pour ces trois séries d'analyses en composantes principales, les variables non retenues étaient cependant représentées en tant que variables supplémentaires, afin de mettre en évidence les cohérences entre les diverses approches (chimiques, enzymatiques ou *in vitro*). De plus, un échantillon (fleur de *Sesbania grandiflora*) a été exclu des analyses car sa valeur nutritive estimée, était quel que soit le critère, très supérieure à celle des autres prélèvements ; il a cependant été représenté sur les diagrammes.

Les figures V.12 et V.13 représentent, à titre d'exemple, les résultats de l'analyse en composantes principales sur les données *in vitro*.

Les pourcentages de variation expliqués par les axes principaux sont :
axe 1 = 42,4 p.100 ; axe 2 = 25,1 p.100 ; axe 3 : 17,8 p.100.

Le plan principal (axes 1 et 2) représente donc 67,5 p.100 de l'information totale, dont :

- 80 p.100 pour dMO_{GT}, "très bien représentée" (Philippeau, 1986)
- 67 p.100 pour MA_{GT}, "bien représentée"
- 75 p.100 pour TAN_{pt}, très bien représentée
- 69 p.100 pour NDF, bien représentée
- 45 p.100 pour ADL/ADF, moyennement représentée.

Sur le plan principal, la teneur en parois (NDF) apparaît clairement opposée au critère de digestibilité de la matière organique (dMO_{GT}), de façon moins marquée aux critères de valeur azotée.

La teneur en tanins précipitants, est directement opposée au critère de valeur azotée (MA_{GT}) ; elle agit en interaction avec la teneur en parois (NDF) sur dMO_{GT}.

Figure V.12 - Représentation des variables actives et (supplémentaires) sur le plan principal

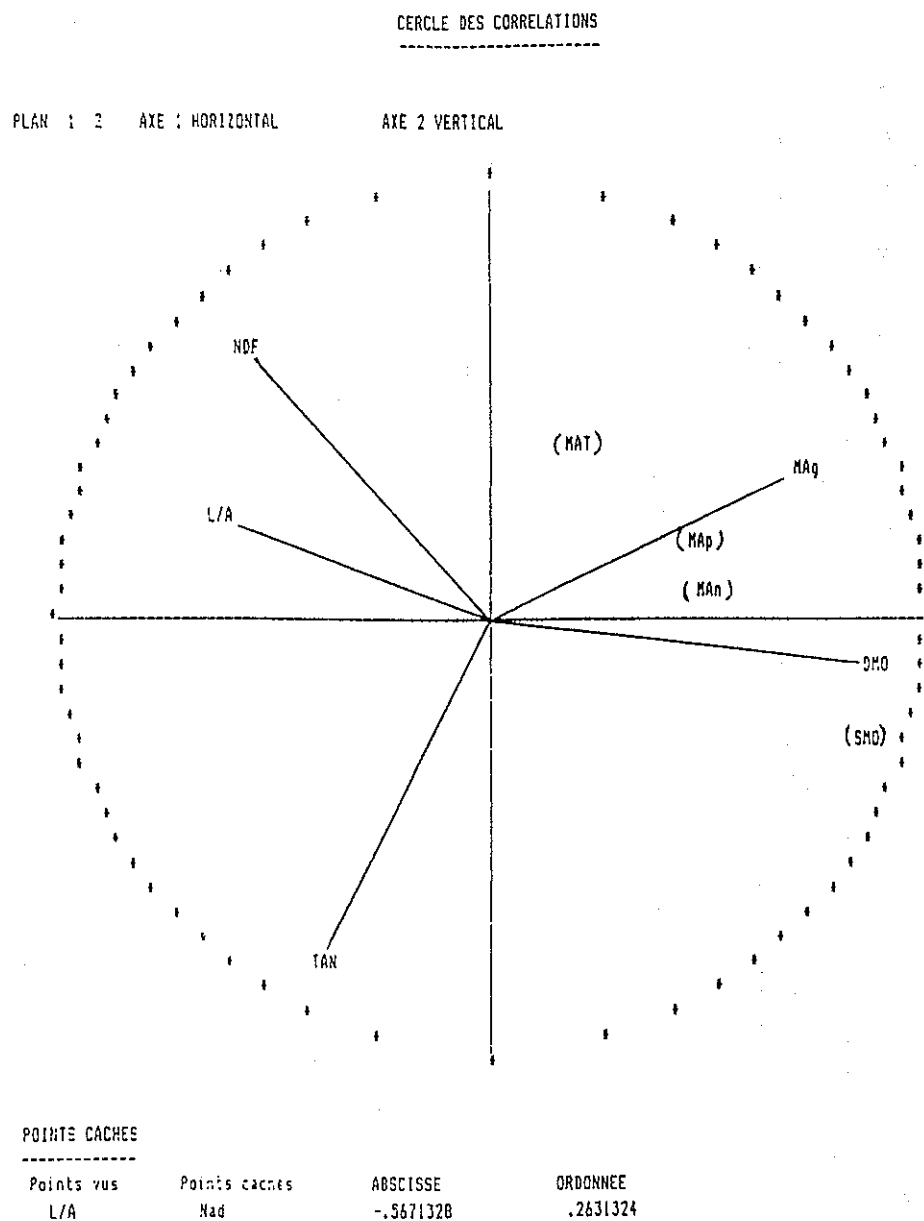
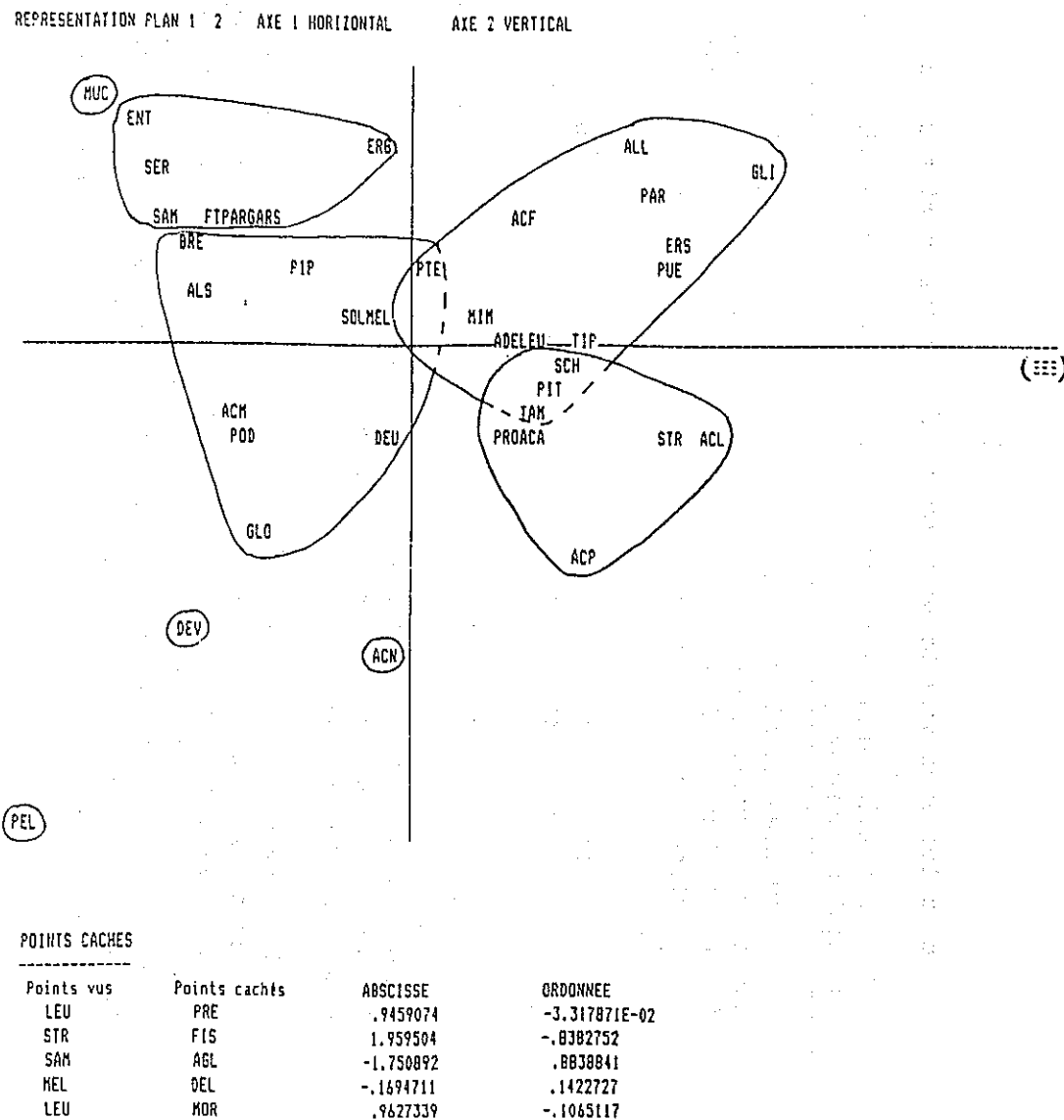


Figure V.13 - Représentation des échantillons de ligneux sur le plan principal



Parmi les variables supplémentaires, ne participant pas à l'analyse :

- SMO est très bien représentée, ce qui est à rapprocher de sa forte corrélation avec dMO_{GT} ;
- les critères de disponibilité de l'azote (N_{adf} , $MA_{non\ adf}$ et MA_{pro}) sont moyennement représentés (entre 27 et 33 p.100), ce qui confirme la difficulté de prédiction de la valeur azotée réelle des ligneux (interaction entre de nombreux facteurs = liaisons avec les parois, tanins, etc.).

La teneur en azote total (MAT) n'est représentée que pour 22 p.100 de ses variations, ce qui confirme la très faible signification de ce critère dans le cas des ligneux.

La constitution des groupes représentés sur la figure V.13 a été guidée par le résultat d'une classification ascendante hiérarchique (STAT-ITCF 1990) basée sur la distance moyenne euclidienne avec comme critère d'agrégation la distance moyenne pondérée. Les symboles utilisés pour chaque espèce sont ceux du tableau V.24.

La comparaison de ces regroupements avec ceux issus des interprétations des critères chimiques (a - ci-dessus) ou des critères enzymatiques (b) traduit des écarts dans les hiérarchies établies. En effet, telle espèce riche en parois ou riche en tanins est cependant très digestible ; telle autre est bien dégradable par voie enzymatique mais peu *in vitro*, cette différence s'expliquant probablement par un effet des tanins plus important sur les résultats du gastest (action des tanins sur les microbes) que sur les dégradations enzymatiques.

Il convient donc d'être très prudent lors de l'interprétation des résultats de tel ou tel groupe de méthodes.

Finalement, il a été provisoirement retenu de proposer une classification des espèces néocalédoniennes prenant en compte l'ensemble des critères chimiques, enzymatiques ou *in vitro*. En effet, si la méthode *in vitro* est la plus proche des conditions physiologiques, elle est aussi la plus sensible à la présence des tanins qui, dans les conditions du gastest, sont plus concentrés que dans les conditions *in vivo*³.

Comme précédemment, une classification ascendante hiérarchique a donc été effectuée sur les critères suivants :

- chimiques : $MA_{non\ adf}$ et tanins ;
- enzymatiques : dMO_{pc} digestibilité de la matière organique estimée à partir de SMS ($dMO_{pc} = 0.72 \text{ SMS} + 19.2$; Aufrère et Demarquilly, 1989).
- *in vitro* : dMO_{GT} et MA_{pro} .

En plus, du *Sesbania grandiflora* qui n'a pas participé à l'analyse (hors classification : HC) et a une valeur nutritive nettement supérieure à celle des autres échantillons, huit classes peuvent être identifiées, leurs

³Il faudrait par exemple disposer de résultats du gastest obtenus en neutralisant l'action des tanins par le polyéthylène glycol (PEG) (cf. chapitre VII).

caractéristiques moyennes sont rapportées au tableau V.23. Les échantillons sont décrits individuellement au tableau V.24.

Tableau V.23 - Caractéristiques moyennes des classes de fourrages ligneux

VAR	DMOpc	DMOgt	MAnad	MApro	MAGt	TANpt	Aliments équivalents sur le plan énergétique
CL1	70	62	20,4	6,2	7,5	0,0	luzerne
CL2	74	62	8,5	3,0	3,4	0,0	Lupin tardif
CL3	63	54	16	5,3	5,7	0,5	pulpe de tomate
CL4	64	58	6,1	2,2	2,4	0,5	foin graminée tardif lère coupe
CL5	51	41	15,6	5,3	3,4	0,3	paille complémentée en azote
CL6	55	43	8,5	2,9	1,3	1,5	paille
CL7	40	38	8	2,4	1,8	0,1	pailles de légumineuses
CL8	45	32	10,8	2,6	0,2	10,4	-
Moy.G.	58	49	12,3	4,1	3,6	0,9	d'après Ruminant Nutrition INRA 1989

Quelle que soit la classe, dMOpc est supérieure à dMOgt. La différence comprise entre 7 et 13 points de digestibilité, et ses variations, ne sont pas expliquées jusqu'ici.

Une hypothèse peut cependant être avancée : les enzymes seraient-elles moins sensibles aux facteurs antinutritionnels que la flore microbienne du rumen ? Il faudrait donc systématiser des comparaisons entre dMOpc et dMOgt incluant des fourrages classiques (graminées, luzerne, etc.) et des fourrages ligneux en employant des facteurs neutralisant les tanins comme le polyéthylène glycol - PEG ou le polyvinylpolypyrrolidone insoluble. Toutefois, malgré l'effet global positif du PEG sur la production de gaz *in vitro*, celui-ci est variable suivant l'espèce végétale et la fraction de tanins déterminée au laboratoire (Khazaal *et al.*, 1994) : la mise au point d'une méthode de correction des résultats du gastest pour les fourrages contenant des tanins s'annonce donc difficile.

La classe 1 a d'après l'ensemble des critères une valeur énergétique (proportionnelle à la digestibilité de la matière organique) et une valeur azotée très élevées.

La classe 2 a une valeur énergétique très élevée mais une valeur azotée faible liée à une teneur en MAT moyenne à faible (*Strobilopanax macrocarpus*) ou à une faible disponibilité de l'azote (*Morinda citrifolia*).

La classe 3 a une valeur énergétique et une valeur azotée élevées.

La classe 4 a une valeur énergétique élevée et une valeur azotée faible.

Certains échantillons des classes 3 et 4 ont des teneurs en tanins précipitants supérieures à 1 p.100 de la matière sèche, mais ce n'est pas systématique.

La classe 5 a une valeur énergétique faible comparable à celle d'une paille grossière mais les valeurs azotées élevées sont comparables à celle de la classe 3.

La classe 6 a une valeur énergétique moyenne un peu supérieure à celle de la classe 5 mais les valeurs azotées sont soit faibles, soit moyennes ; dans ce cas, elles sont alors associées à des teneurs en tanins élevées.

La classe 7 a des valeurs énergétiques très faibles et des valeurs azotées faibles.

La classe 8 - un échantillon - a les mêmes caractéristiques que la classe 7 avec, en plus, une forte teneur en tanins.

Les teneurs en ADF et en ADL ainsi que la proportion de l'azote dans les parois (NADF en p.100 MAT) augmentent de la classe 1 à la classe 8.

Les échantillons des classes 1 à 3 sont *a priori* ceux qui ont la meilleure valeur alimentaire, mais il doit être tenu compte pour cet ensemble de 20 espèces d'autres critères, en particulier :

- de la valeur alimentaire d'autres organes que ceux qui ont été prélevés. En particulier, pour les espèces dont on a échantillonné les organes de reproduction, il faudra aussi s'intéresser au feuillage qui, le plus souvent, représente l'essentiel de la production de biomasse. Néanmoins, les fruits, notamment les gousses des acacia, peuvent justifier à eux seuls l'intérêt à porter à telle ou telle espèce ;
- des variations de valeur alimentaire au cours de l'année ou du cycle phénologique ;
- de la production fourragère et de la valeur alimentaire aux périodes de déficit fourrager ;
- et, surtout, de l'appétibilité pour les herbivores.

Ces investigations complémentaires permettraient d'identifier les espèces ayant le plus d'intérêt sur le plan zootechnique. Cette évaluation pourrait alors être confrontée avec celles relatives à la production forestière, à la protection et à la fertilité des sols, etc. pour identifier, de façon pluridisciplinaire, les espèces justifiant des travaux approfondis (génétique, gestion, etc.). Il pourrait alors être envisagé : des mesures zootechniques (*in vivo*, *in situ*, essai d'alimentation) pour déterminer précisément leur valeur alimentaire, des essais d'exploitation par coupe et par pâturage, pour mettre au point des recommandations de gestion visant à optimiser la pérennité des peuplements, leur production et la valeur alimentaire du fourrage exploité.

4. EBAUCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE NOUVEAUX ECHANTILLONS A PARTIR DE CRITERES CHIMIQUES

Il n'est pas toujours possible de mettre en oeuvre toutes les méthodes d'évaluation des fourrages. La méthode *in vitro* pratiquée dans cette enquête par le laboratoire spécialisé de Hohenheim, ne sera pas appliquée, à court terme tout au moins, en Nouvelle Calédonie. Il est donc utile de pouvoir estimer les critères analytiques exprimant le mieux la valeur nutritive, comme la dMO_{GT} , à partir de critères chimiques ou de dégradabilités enzymatiques plus simples.

Tableau V.24 - Classement des échantillons suivant leur valeur nutritive estimée

Numéro CEE	Espèce	Code espèce	Classe	Code ESP	DMOpc % MO	DMOgt % MO	MA _{non} adf % MS	MAPro % MS	MADgt % MS	TANP % MS	MAT %MS	NDF MS	ADF %MS	ADL %MS	NADF %MAT
010003	Sesbania grandiflora	054502	HC	SES	77	68	28	14,9	14,2	0,0	29	27	20	7	5
010000	Gliricidia sepium	056731	1.00	GLI	71	63	21	6,7	11,9	0,0	24	47	26	13	11
010028	Acalypha grandis	041198	1.00	ACL	74	59	20	5,7	4,9	0,1	21	38	23	6	7
010033	Pueraria lobata	058202	1.00	PUE	66	63	20	6,1	5,7	0,0	22	55	33	9	8
010035	Strobilopanax macrocarpus	999992	2.00	STR	75	62	7	2,3	3,7	0,0	8	37	29	11	11
010037	Ficus sp.	061400	2.00	FIS	78	60	12	4,1	3,4	0,0	16	39	34	9	24
010041	Morinda citrifolia	097799	2.00	MOR	70	64	7	2,4	3,0	0,1	17	42	40	24	59
010001	Tamarindus indica	048501	3.00	TAM	63	55	11	2,2	3,8	1,1	13	47	28	10	15
010005	Tipuana tipu	999986	3.00	TIP	63	55	13	4,1	4,8	0,3	15	48	30	10	11
010008	Mimosa invisa	051503	3.00	MIM	59	55	15	1,8	5,9	1,4	16	50	32	18	6
010010	Albizia lebbbeck	051804	3.00	ALL	58	51	21	7,4	11,5	0,0	24	53	33	15	11
010011	Acacia farnesiana	051709	3.00	ACF	59	53	20	5,2	7,3	0,0	23	50	29	16	12
010013	Leucaena leucocephala	051301a	3.00	LEU	61	54	17	5,0	4,8	0,5	20	45	31	14	14
010015	Parkinsonia aculeata	049401	3.00	PAR	60	50	16	10,1	10,3	0,1	17	53	40	12	8
010017	Pithecellobium dulce	052011	3.00	PIT	63	53	17	6,7	3,9	0,3	19	40	29	12	11
010026	Erythrina sp.	056400	3.00	ERS	63	56	19	8,4	8,6	0,0	22	52	35	11	13
010027	Adenantha pavonina	052021	3.00	ADE	65	55	12	4,1	3,2	0,0	16	47	32	14	22
010029	Acalypha pantheriana	041199	3.00	ACP	69	52	12	4,2	2,3	1,2	14	35	25	6	11
010042	Schelenitzia insularum	999997	3.00	SCH	68	57	17	4,5	4,4	0,0	18	40	25	12	7
010043	Prosopis pallida	050899	3.00	PRO	69	55	16	4,5	4,0	1,9	17	42	31	14	7
010002	Acacia ampliceps	051799	4.00	ACA	64	59	10	3,8	3,9	1,5	11	40	25	13	9
010032	Premna integrifolia	126399	4.00	PRE	64	60	6	2,0	2,1	0,0	15	52	51	18	59
010040	Delarbrea paradoxa	999995	4.00	DEL	64	56	2	0,8	1,3	0,0	10	48	48	29	78
010007	Samanea saman	051902	5.00	SAM	50	37	17	4,3	1,6	0,1	22	57	44	27	22
010018	Archidendropsis granulosa	999988	5.00	ARG	48	38	15	4,6	2,6	0,2	20	60	44	21	27
010019	Archidendropsis streptocarpa	999989	5.00	ARS	49	40	15	6,2	3,6	0,1	22	56	44	25	29
010020	Pterocarpus indicus	053307	5.00	PTE	52	45	14	4,7	4,2	0,0	17	55	41	15	19
010025	Erythrina variegata	056407	5.00	ERG	50	43	18	5,6	6,0	0,0	22	64	44	19	18
010044	Desmodium umbellatum	059699	5.00	DEU	55	44	14	6,5	2,6	1,3	18	45	43	18	18
010006	Albizia serianthes	051899	6.00	ALS	52	40	10	6,0	0,5	0,3	16	53	40	23	38
010012	Desmanthus virgatus	051111	6.00	DEV	54	45	11	3,5	0,6	7,3	16	61	53	19	-
010023	Pipturus argenteus	999990	6.00	PIP	53	49	5	1,2	1,7	0,0	17	52	52	33	71
010030	Glochidion billardieri	999991	6.00	GLO	51	38	4	1,1	0,4	2,8	8	45	43	18	45
010034	Breynia disticha	036499	6.00	BRE	56	47	5	1,9	1,5	0,1	13	49	45	39	63
010036	Ficus prolixa	061499	6.00	FTP	57	38	5	1,0	1,5	0,0	12	63	55	25	60
010039	Podonophelium homei	999994	6.00	POD	53	40	8	2,6	1,4	2,1	9	47	35	19	19
010009	Acacia mearnsii	051742	6.00	ACM	60	40	13	2,8	0,3	1,1	15	43	31	18	16
010016	Acacia nilotica	051712b	6.00	ACN	58	48	15	3,5	1,7	3,9	17	29	23	13	17
010024	Solanum mauritianum	113999	6.00	SOL	58	43	11	5,2	2,2	0,0	17	51	47	19	34
010031	Melochia odorata	032199	6.00	MEL	60	51	9	2,8	2,3	0,1	17	49	43	24	46
010014	Serianthes satchetiae	999987	7.00	SER	44	38	11	2,9	1,9	0,2	20	62	51	32	46
010021	Entada phaseoloides	050699	7.00	ENT	41	40	8	2,3	2,2	0,0	20	67	61	39	62
010022	Mucuna platyphylla	056399	7.00	MUC	36	37	5	1,8	1,4	0,0	17	75	67	36	67
010038	Aglaia elaeagnoides	999993	7.00	AGL	47	40	7	2,8	1,4	0,0	13	57	48	30	48
010004	Peltoforum ferrugineum	999985	8.00	PEL	46	32	11	2,6	0,2	10,3	15	49	42	20	26

Des équations de prédiction de dMO_{GT} et des teneurs en MAD_{GT} ont donc été recherchées à partir des données correspondant aux 45 échantillons prélevés en Nouvelle Calédonie. Elles sont présentées, à titre d'exemple, sachant qu'il est préférable d'appliquer des relations adaptées à tel ou tel groupe botanique (Arbelot, 1993 et Chapitres VII et VIII).

dMO_{GT} (p.100 MO)

- . en fonction de la dégradabilité enzymatique "pepsine cellulase" :

$$\begin{aligned} dMO_{GT} &= 0.605 SMO + 19.15 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.77 \quad e.t.r = 4.4 \end{aligned}$$

- . en fonction de critères chimiques :

$$\begin{aligned} dMO_{GT} &= 86,7 - 0.525 NDF - 0.207 \frac{ADL}{ADF} - 1.73 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.56 \quad e.t.r = 6.3 \end{aligned}$$

MAD_{GT} (p.100 MS)

- . en fonction de la teneur en matières azotées non liées à l'ADF

$$\begin{aligned} MAD_{GT} &= 0.43 MA_{nonadf} - 1.66 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.59 \quad e.t.r = 2.1 \end{aligned}$$

- . en fonction de MA_{nonadf} et de la teneur en tanins précipitants

$$\begin{aligned} MAD_{GT} &= 0.42 MA_{nonadf} - 0.39 TANP - 1.25 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.64 \quad e.t.r = 2.0 \end{aligned}$$

Il peut aussi être utile d'estimer les dégradabilités enzymatiques pour classer les prélèvements, en particulier en ce qui concerne la dégradabilité des matières azotées :

$$\begin{aligned} SMO &= 98.4 - 0.690 NDF - 0.660 ADL - 2.07 TAN \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.802 \quad e.t.r = 6.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA_{pro} &= 0.384 MA_{nonadf} - 0.55 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.672 \quad e.t.r = 1.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA_{pro} &= 0.379 MA_{nonadf} - 0.175 TAN - 0.36 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.684 \quad e.t.r = 1.5 \end{aligned}$$

On notera une fois de plus que le critère MAT n'apparaît dans aucune de ces relations, ce qui distingue les fourrages ligneux des fourrages herbacés.

Conclusion

L'enquête de terrain et l'analyse des 45 échantillons prélevés en Nouvelle Calédonie illustre la démarche qui peut être adaptée pour une première identification des espèces fourragères ayant la meilleure valeur nutritionnelle dans une région donnée.

Cette méthode relativement rapide produit des résultats qui doivent ensuite être consolidés, approfondis et élargis en matière de :

- production et disponibilité saisonnière des fourrages ;
- appétibilité ;
- utilisation digestive.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY DEPARTMENT

1100 S. EAST ASIAN AVENUE

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

WWW.CHICAGOEDU.EDU

CHICAGO, ILLINOIS 60607

TEL: (773) 936-3100

FAX: (773) 936-3101

BIBLIOGRAPHIE

- ARBELOT (B.) - 1993. Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. Programme CEE-ST2/215. Mémoire de DEA. Nutrition-aspects moléculaires et cellulaires. INA-PG. 36 p.
- AFNOR - 1980. Recueil de normes françaises des méthodes générales d'analyse des produits agro-alimentaires. Chimie-microbiologie-analyse sensorielle, Paris, AFNOR, 278 p.
- AUFRERE (J.), CARTAILLER (D.) - 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. Ann. Zootech., 37 (4) : 255-270.
- AUFRERE (J.), DEMARQUILLY (C.) - 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two Pepsin-Cellulase methods. In Proc. 16th Internat. Grassl. Cong., Nice, France : 877-878.
- AUFRERE (J.), GRAVIOU (D.), DEMARQUILLY (C.), VERITE (R.), MICHALET-DOREAU (B.), CHAPOUTOT (P.) - 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod. Anim., 1989, 2 (4) : 249-254.
- AUFRERE (J.), MICHALET-DOREAU (B.) - 1990. Nouvelles méthodes d'estimation de la valeur alimentaire des fourrages. II. Méthodes enzymatiques. Fourrages, 122 : 203-217.
- BIPEA - 1976-1981. Recueil des méthodes d'analyses des Communautés Européennes.
- CIRAD-IEMVT/Ministère de la Coopération - 1990. La complémentation minérale. Fiches techniques d'élevage tropical (ressources alimentaires), (9) et (12).
- DURAND (Nathalie) - 1993. Identification d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs en Nouvelle Calédonie. Projet ST2/215 - CIRAD-EMVT - Nouméa, Nouvelle Calédonie : 8 p. + 45 fiches descriptives.
- GUERIN (H.), RICHARD (D.), FRIOT (D.), MBAYE (N.) et KONE (A.R.) - 1988. Intérêt du dosage de la lignocellulose (ADF) et de différentes fractions azotées pour prévoir la valeur nutritive des fourrages naturels sahéliens. Reprod. Nutr. Dév., 28 suppl. n° 1 : 111-112.
- HOFFMANN (L.), SCHIEMANN (R.), JENTSCH (W.) - 1971. Energetische Verwertung der Nährstoffe in Futterrationen. In: Energetische Futterbewertung und Energienormen, 118-167, VEB, Berlin, DDR. Deutscher Landwirtschafts Verlag.
- ICKOWICZ (A.) - 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse d'Université Paris XII (en cours de publication).

- INRA - 1978. Alimentation des ruminants. Versailles, INRA. 596 p.
- INRA - 1988. Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Besoins alimentaires des animaux. Valeur nutritive des aliments. Versailles, INRA, Actualités scientifiques et agronomiques, 596 p.
- JARRIGE (R.) - 1981. Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage.
In: Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles, INRA : 13-40.
- KHAZAAL (K.), NASTIS (A.), ORSKOV (E.R.) - 1994. Assessment of phenolics-related antinutritive levels using the *in vitro* gas production technique: a comparison between different molecular weight of polyvinylpyrrolidone or poly-ethylene glycol.
- KONE (A.R.) - 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique occidentale : recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse 3e cycle, Univ. Paris VI, IEMVT : 205 p.
- KONE (A.R.), GUERIN (H.), RICHARD (D.) - 1989. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. Séminaire IEMVT/IRZ sur les fourrages et l'alimentation des ruminants N'Gaoundéré (Cameroun) : 16-20 novembre 1987. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT : 789-809 (Coll. Etudes et synthèses de l'IEMVT n° 30).
- KONE (R.), RICHARD (D.), GUERIN (H.) - 1989. Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique occidentale.
In: XVIe Congrès International des Herbages. Nice, Tome II : 947-948.
- LACHAUX (M.), MEURET (M.), de SIMIANE (M.) - 1987. Composition chimique des végétaux ligneux pâturés en région méditerranéenne française : problèmes posés par l'interprétation des analyses.
In: Acquis actuels pastoraux et zootechniques sur le pâturage en forêt. Fourrages (n° hors série) : 231-267.
- LEFEVRE (P.) - 1990. Les analyses de fourrages ligneux à l'IEMVT. Maisons Alfort, CIRAD-EMVT, 13 p.
- LEFEVRE (P.), GUERIN (H.) - 1990. Note sur la teneur en énergie brute des fourrages ligneux. IEMVT - Maisons-Alfort, 3 p. (non publié).
- MASON (V.L.) - 1969. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. J. Agric. Sci., Camb., vol. 73 : 99-111.
- MBWIRIA (S.K.), DICKINSON (J.O.), BELL (J.F.) - 1986. Blood selenium concentrations of sheep and goats from selected areas of Kenya. Trop. Anim. Hlth Prod. 18, 159-165.
- PIOT (J.) *et al.* - 1980. Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Burkina Faso). Maisons Alfort, CFFT-IEMVT : 213 p.
- PHILIPPEAU (G.) - 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Paris STAT-ITCF : 63 p.

- RICHARD (D.) - 1987. Intérêt de la connaissance de la composition chimique des fourrages. Choix des analyses en fonction des objectifs. Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Cameroun. Etudes et synthèses de l'IEMVT n°30, Maisons Alfort, pp. 695-726.
- RICHARD (D.), GUERIN (H.), FRIOT (D.), MBAYE (N.) - 1990. Teneurs en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 43 (2) : 225-231.
- RUMOKOY (L.) - 1994. Valeur énergétique des feuilles et fruits des arbres et arbustes de zone tropicale : mesures de l'énergie digestible *in vivo* de rations à base de fourrages ligneux distribuées à des moutons. Mémoire de DESS "Productions animales en régions chaudes" - MNHN/INA-PG/ENVA/CIRAD-EMVT -(soutenance septembre 1994).
- VAN SOEST (P.J.), WINE (R.H.) - 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. J. Ass. Off. Anal. 50 : 50-55.
- VERITE (R.), DEMARQUILLY (C.) - 1978. Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants.
In: La vache laitière, IXe Journées du Grenier de Theix, INRA : 143-158.
- VERITE (R.), MICHALET-DOREAU (B.) CHAPOUTOT (P.), PEYRAUD (J.L.), PONCET (C.) - 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, (70) : 19-34.

1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 3, 1862. It is a very important document, as it contains the President's views on the state of the Union and the progress of the war.

2. The second part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the military operations of the Army during the year 1861.

3. The third part of the document is a report from the Secretary of the Navy, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the naval operations of the Navy during the year 1861.

4. The fourth part of the document is a report from the Secretary of the Interior, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

5. The fifth part of the document is a report from the Secretary of the Treasury, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

6. The sixth part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the military operations of the Army during the year 1861.

7. The seventh part of the document is a report from the Secretary of the Navy, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the naval operations of the Navy during the year 1861.

8. The eighth part of the document is a report from the Secretary of the Interior, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

9. The ninth part of the document is a report from the Secretary of the Treasury, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

10. The tenth part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the military operations of the Army during the year 1861.

11. The eleventh part of the document is a report from the Secretary of the Navy, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the naval operations of the Navy during the year 1861.

12. The twelfth part of the document is a report from the Secretary of the Interior, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

13. The thirteenth part of the document is a report from the Secretary of the Treasury, dated January 10, 1862. It contains a detailed account of the operations of the Department during the year 1861.

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES LIGNEUX DU PROJET STD2/215

Origine des échantillons :

- reproduction du prélèvement par les animaux au pâturage,
- fourrages récoltés et/ou commercialisés sur les marchés,
- essais de digestibilité,
- essais zootechniques,
- suivis phénologiques et de croissance des espèces ligneuses.

Recommandation générale

L'examen des résultats disponibles en début de programme montre que les analyses ont souvent été effectuées sur des "rameaux" ou des "rameaux feuillés", ou etc., de telle ou telle espèce prélevée dans tel ou tel pays. D'aussi sommaires descriptions limitent beaucoup l'utilisation des résultats d'analyses de ces échantillons ; en effet :

- s'ils correspondent à un "ingéré", il s'agit au mieux de la fraction consommée de la plante par une espèce animale donnée dans des conditions particulières de pâturage.

- si les échantillons se réfèrent au disponible on sait que la nature du prélèvement varie aussi suivant de nombreux facteurs.

Il est donc indispensable d'envoyer aux laboratoires des échantillons correspondant à des organes individualisés et très précisément identifiés. Une fiche de description assez générale des échantillons de fourrage est proposée (annexe 7) ; certaines rubriques sont inutiles pour les fourrages ligneux dans la plupart des situations (par exemple, fertilisation et irrigation), en revanche d'autres risquent d'être insuffisantes et pourront être complétées (par exemple, position des rameaux sur l'arbre..) à l'initiative ou suite aux suggestions des membres du programme.

L'analyse séparée des organes n'empêchera pas l'expérimentateur, au contraire, d'estimer l'apport nutritionnel de tel ou tel ensemble d'organes prélevés par l'animal. Il suffira pour cela de disséquer les échantillons représentatifs de "l'ingéré", comprenant par exemple des feuilles et des tiges chlorophylliennes ; il pourra, si possible, déterminer la teneur en matière sèche des sous-échantillons constitués chacun à partir d'un organe (dans cet exemple, les feuilles ou les tiges chlorophylliennes), et devra surtout déterminer leurs poids secs pour calculer leurs proportions respectives en sec dans l'échantillon de départ.

Les feuilles et les tiges étant analysées séparément, le zootechnicien pourra calculer additivement les apports nutritifs d'une espèce ligneuse, quelles que soient les proportions des différents organes dans les fourrages ingérés, à condition toutefois que les organes soient de

nature et de développement équivalents à ceux de l'échantillon analysé.

La méthode proposée occasionne bien sûr un surcroît de travail par rapport aux prélèvements habituellement pratiqués, mais les résultats obtenus seront ainsi utilisables pour d'autres circonstances et surtout comparables entre eux.

Pour une même espèce, de nombreux échantillons différents peuvent être constitués si l'on tient compte de la saison, de l'âge, des organes etc. Il faudra toutefois se limiter en raison de la charge de travail que cela représente pour les laboratoires et aussi de la nécessité d'étudier un grand nombre d'espèces. C'est pour ces motifs,

- qu'il a été demandé aux partenaires de communiquer la liste des espèces sur lesquelles ils ont ou vont travailler afin d'éviter les doubles emplois,

- que les études de comportement ou les enquêtes sur les récoltes de ligneux sont urgentes ; c'est à partir de ces données que seront identifiées les espèces, les organes, les stades de développement, etc. les plus importants pour l'élevage et donc que seront établies les listes d'échantillons à constituer.

En revanche, pour une même espèce dont la grande utilité pour l'élevage est reconnue, il peut être intéressant d'étudier dans le détail les variations de la valeur nutritive au cours de la croissance. C'est le cas en particulier pour les espèces cultivées qui pourront être étudiées d'une manière détaillée dans le cadre de protocoles prévoyant des prélèvements de tel ou tel organe à intervalles réguliers. Toutefois ces protocoles devront être établis après une exploitation minutieuse de la bibliographie, car autant les données sont peu abondantes sur les espèces spontanées, autant les facteurs de variation de la composition de certaines espèces cultivées (*Leucaena*, *Gliricidia*) ont été très largement étudiés.

Conditionnement, identification et diffusion des échantillons

a/ Cas général

Les échantillons correspondront dans le cas général à 500 g sec séchés à 60°C à l'étuve pendant 24 heures, ou en l'absence d'étuve à l'air libre dans un local ventilé à l'abri du soleil et des contaminations (sable, par exemple). Ils devront être décrits à l'aide des bordereaux-types (Cf. ci-dessus III.1 et annexe 7) en remplissant le plus possible de rubriques qui pourront d'ailleurs être complétées "en clair" par des informations non codées sur les bordereaux

informatisés qui paraîtront utiles aux collecteurs d'échantillons.

Les échantillons seront numérotés dans une série unique spécifique au programme pour faciliter les échanges :

.Cameroun	: 1 000 à 1 199 ; 2 000 à 2 199 ; etc.
.Côte d'Ivoire	: 1 200 à 1 399 ; 2 200 à 2 399 ; etc.
.Mali	: 1 400 à 1 599 ; 2 400 à 2 599 ; etc.
.Sénégal	: 1 600 à 1 799 ; 2 600 à 2 799 ; etc.
.Tchad	: 1 800 à 1 999 ; 2 800 à 2 999 ; etc.
.IEMVT	: 1 à 999 ; (échantillons anciens et actuels de provenances diverses).

Il est prévu que chaque partenaire constitue un minimum de 200 échantillons à partir du début du programme, mais certains laboratoires disposent déjà de résultats, et/ou d'échantillons qui peuvent être plus complètement valorisés (analyses complémentaires, interprétation etc...) et qui peuvent donc être insérés dans cette numérotation qui préserve intégralement l'identité des laboratoires et la paternité des résultats (Cf. V).

Le bordereau descriptif sera conservé, transmis etc... en dehors de l'échantillon lui même qui ne sera accompagné que de deux étiquettes ; l'une agrafée à l'extérieur du sachet (pour faciliter la lecture), l'autre à l'intérieur (en cas de perte de la première). Ces étiquettes porteront simplement les indications suivantes :

- . n° échantillon,
- . lieu de prélèvement,
- . date de prélèvement,
- . nature (espèce, organe).

Les échantillons seront préparés en double (deux sous-échantillons de 250 g) ; l'un restera dans le laboratoire d'origine, l'autre sera envoyé avec son descriptif complet à l'IEMVT qui le redivisera entre les laboratoires effectuant les analyses complémentaires.

b/ Cas particuliers :

- il a été demandé à chaque laboratoire le 10 avril 1990 d'envoyer un échantillon de 1 kg de fourrage ligneux (séché à 60°C, broyage à travers un tamis de 1 mm) dans le cadre de la "mini-chaîne" d'analyse qu'il est nécessaire de mettre en place.

- effets du mode de conditionnement :

La dégradabilité dans le rumen (B. Michalet Doreau, S.T. Fall), les dosages de tanins (lettre du CTFT du 6 avril 1990 et tirés à part sur le sujet déjà transmis) sont très influencés par le mode de préparation des échantillons.

Il sera donc nécessaire de constituer des échantillons particuliers sur des espèces judicieusement choisies en fonction de leur intérêt zootechnique ou de leurs particularités de composition ou de digestibilité.

Le même matériel végétal sera d'une part séché à 60°C (échantillon témoin), d'autre part préparé suivant un ou plusieurs des traitements suivants : séchage à l'air libre, congélation puis lyophilisation, lyophilisation directe ; lorsque des opportunités de transport rapide se présenteront, des échantillons frais (en glacières) pourront être également acheminés dans les laboratoires spécialisés.

Ces échantillons seront de préférence issus d'essais in vivo, d'essais d'alimentation ou des mesures in situ pour que l'effort analytique dont ils seront l'objet soit associé à des mesures zootechniques et se prête ainsi à l'interprétation la plus complète possible.

D'ores et déjà, on peut retenir que la congélation est possible partout, le problème étant d'assurer une chaîne de froid correcte, tandis que la lyophilisation est possible à :

- Dakar
- Garoua
- N'Djamena

c/ Premiers prélèvements

Il a été convenu dans tous les pays que quelques échantillons d'intérêt évident (sur le plan zootechnique) seraient constitués dès que possible pour procéder à un rodage des méthodes de travail, identifier les difficultés et résoudre les problèmes avant la mise en oeuvre effective des protocoles.

Remarque : Les frais d'expédition des échantillons font partie des coûts de fonctionnement du programme

ETUDE MONOGRAPHIQUE SUR FICUS SYCOMORUS GNAPHALOCARPA =
 PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE PROPOSE A JOSEPH ONANA (SRZV DE GAROUA)

• Multiplication

Une pépinière de multiplication par semis est opérationnelle. Les plantes sont repiquées en pots à raison de 120 pieds par journée de main-d'oeuvre et distribués aux paysans quand ils atteignent 30 à 40 cm. L'entretien de la pépinière (arrosage, etc.) nécessite deux employés pour 6000 plants (communication de J. Onana).

Le mode d'utilisation proposé aux paysans est une plantation dans les champs de céréales (maïs...) lors d'une dernière année de mise en cultures avant retour à la jachère de parcelles épuisées. La densité proposée est de 625 pieds à l'hectare. La parcelle test située sur l'antenne de l'ARZ a été plantée en saison des pluies 1991 et est soumise au pâturage des bovins. Les Ficus ont survécu et sont broutés.

Remarque. - L'IRA Maroua teste également des méthodes de multiplication, en particulier le bouturage de piquets vifs (la pratique du bouturage permet de gagner plusieurs années de croissance par rapport au semis). De bons résultats ont été obtenus avec des tiges de *Ficus thonningii* (hauteur 1 m, diamètre 10 cm) plantées à partir de juillet ; la protection de l'extrémité supérieure avec de la boue et de la paille permet d'obtenir un taux de survie de 60 à 80 p.100 contre 40 p.100 pour les témoins (communication de M. Harmand, IRA Maroua).

Un stage monographique sur la biologie et les usages des principaux Ficus du Nord-Cameroun a été effectué par Sandrine Dury de l'ENSA de Montpellier (1991).

• Croissance et production de feuilles

L'expérimentation en place sur la station de l'ARZ s'intègre dans l'étude des réactions des ligneux soumis à une exploitation (broutage, effeuillage ou élagage) ou au feu.

L'action en cours concerne 160 sujets de 4 ans, d'une taille comprise entre 2 et 3 mètres, répartis en 8 lignes sur 2 500 m²

Depuis le mois de janvier 1992, 20 individus répartis sur deux lignes (un sur deux) sont l'objet d'un effeuillage complet (détermination du poids vert et du poids sec des feuilles) mensuel accompagné d'une prise des mensurations. Ce dispositif est intéressant mais ces effeuillages répétés risquent d'épuiser les arbres sans que la vitesse de croissance et la qualité du fourrage produit en fonction du rythme d'exploitation ne puissent être étudiés.

Il est proposé d'effectuer des aménagements à ce protocole visant à répondre aux points suivants :

- effet de la date de première exploitation sur la repousse en saison sèche ;
- cinétique de la croissance à partir de la date d'exploitation ;
- effet d'une période de reconstitution des réserves en saison des pluies ;
- effet d'un effeuillage partiel simulant une exploitation manuelle (moitié de l'arbre divisé verticalement) ou le broutage (jusqu'à 1,5 m de haut).

Dans un premier temps :

- 20 sujets peuvent être mis en exploitation dès le mois de mars pour étudier la repousse après un effeuillage pendant la fin de la saison sèche ;
- les 20 sujets de chaque groupe (effeuillés en janvier et en mars) peuvent être divisés en 3 ou 4 sous-groupes (homogénéisés d'après la distribution des tailles à l'intérieur de chaque sous-groupe) en vue d'étudier la repousse pendant 1, 2, 3 ou 4 mois ;
- l'espacement des effeuillages à 3 ou 4 mois peut être assimilé à la possibilité de reconstitution des réserves.

D'autres lots d'arbres (8 lots de 20 sont disponibles) peuvent être constitués pour tester d'autres techniques d'élagage ou d'effeuillage. D'autres parcelles sont mises en place, elles pourront faire l'objet d'essais de broutage dans le cadre d'essai de complémentarité des ovins ou des caprins au pâturage.

Ces essais sont complémentaires et pourront être intégrés au protocole général et à plus long terme (plusieurs années) de comparaison de divers rythmes d'exploitation.

MESURES-CAMEROUN
ARZ de GAROUA B.P. 1073
AGROPASTORALISME - KLEIN H.D.

PROJET CEE - LIGNEUX

CAMEROUN - OCTOBRE 1992

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE POUR LE PRELEVEMENT DE LIGNEUX A MOUDA (IRA - SECTION FORESTIERE)

Préambule

De nombreuses espèces sont testées par les forestiers de l'IRA dans des conditions pédoclimatiques différentes et avec des objectifs variés (reboisement, haies vives, lutte contre l'érosion, amélioration de la fertilité,...). Parmi celles-ci, certaines ont un intérêt fourrager.

Objectifs

Etudier la phénologie et la valeur fourragère d'un certain nombre d'espèces ligneuses fourragères au cours de l'année, sur un même site, dans des conditions pédo-climatiques identiques.

Le site de MOUDA, situé à 30 km au sud de MAROUA sur VERTISOL, a été retenu parce que les forestiers y ont implanté sur des surfaces importantes, un grand nombre d'espèces ligneuses, fourragères ou non, avec des objectifs variés (reboisements, haies vives, lutte contre l'érosion, amélioration de la fertilité).

Ce site complète parfaitement celui de l'antenne IRZ de GAROUA, où d'autres prélèvements ont été également effectués dans des conditions pédo-climatiques différentes, et sur des espèces bien souvent différentes.

Choix des espèces et des organes

Parmi un grand nombre d'espèces - plus d'une centaine - nous avons sélectionné celles qui sont consommées par les animaux et dont la culture et la croissance présentent quelques intérêts, ou qui sont très fréquentes dans le milieu naturel.

Nous avons choisi :

	GENRES ET ESPECES	NUMERO PARCELLE	CROISSANCE	ORGANES à PRELEVER		
				feuilles	fleurs	fruits
01	Acacia albida	22	Bonne	x	x	x
02	Acacia nilotica	39 B	Bonne	x	x	x
03	Acacia senegal	25	Bonne	x	x	x
04	Acacia seyal	42	Bonne	x	x	x
05	Bauhinia rufescens	47	Mauvaise	x		x
06	Balanites aegyptiaca	43/44	Mauvaise	x		x
07	Celtis integrifolia	17	Mauvaise	x		
08	Dalbergia sisso	58	Bonne	x		x
09	Gliricidia sepium	09 B	Moyenne	x		
10	Khaya senegalensis	53	Moyenne	x		
11	Kigelia africana	10	Moyenne	x		
12	Leucaena leucocephala	27 A	Moyenne	x		x
13	Prosopis africana	38	Moyenne	x	x	x
14	Pterocarpus erinaceus	37	Moyenne	x	x	
15	Stereospermum kunthianum	56	Moyenne	x		

Selon l'espèce et la saison nous prélèverons séparément les feuilles, les fleurs et les fruits, dans la mesure où ces organes existent au moment de la récolte et ont été retenus lors du choix des espèces et des organes (cf. liste précédente).

Dates de prélèvement

Les prélèvements ainsi que les relevés phénologiques seront faits environ tous les trois mois , aux dates suivantes :

- OCTOBRE : fin de saison des pluies
- JANVIER : pleine saison sèche froide
- AVRIL : période de feuillaison et de consommation maximum
- JUILLET : en pleine saison des pluies.

Prélèvements

Le premier prélèvement a été effectué fin septembre, par Messieurs KLEIN H.B. et ONANA S., en présence de Monsieur Jean Claude TIZE, Chef d'équipe à la section forestière de l'IRA, qui effectuera lui-même les prélèvements suivants.

Néanmoins, pour le prélèvement suivant (janvier 1993), Monsieur ONANA démarrera les prélèvements avec le Chef d'équipe et apportera lui-même le matériel nécessaire

- * les sacs en tissu préalablement pesés et marqués,
- * deux sécateurs et une cisaille,
- * un peson de 3 kg, les derniers reçus étant plus précis,
- * le protocole à commenter et à laisser,¹
- * les étiquettes de terrain à commenter et à laisser¹
- * les bordereaux d'échantillonnage qui seront remplis sur place par Mr. ONANA, en liaison avec les forestiers, pour décrire le milieu, le stade phénologique, et tout ce qui est demandé dans ces fiches (cf. bordereau).

Dès janvier 1993, les prélèvements seront régulièrement effectués sous la responsabilité de Monsieur J.C. TIZE, Chef d'équipe, avec quatre à six manœuvres temporaires, en prestation de service, ce qui limitera les frais de déplacement. Les fiches de présence seront transmises à Monsieur BOUCHEL Didier, qui établira un état de salaire et veillera au paiement du personnel.

Il est indispensable de récolter au minimum un kilogramme de matériel BRUT, soit 1,2 kg avec le sac. Les prélèvements seront faits :

- * sur une même parcelle (cf. numéro de la parcelle et plan des forestiers),
- * sur un nombre d'arbres suffisant pour ne pas perturber les mesures de production des forestiers,
- * sur le même type de branches (tailles, position sur l'arbre, en fonction de l'accessibilité pour les animaux) pour toutes les séries de prélèvements.

Les échantillons seront ensuite mis à sécher par Monsieur J.C. TIZE, en suspendant les sacs, pour permettre une bonne circulation de l'air et aboutir à un séchage rapide, efficace et complet, si possible, à l'abri du soleil et bien sûr à l'abri de la pluie. Ils seront ensuite récupérés par le personnel de l'IRZ, soit à MOUDA ou à MAROUA (à définir).

Monsieur ONANA assurera ensuite :

- * le contrôle des échantillons,
- * un passage dans l'étuve à 60 °C, SI NECESSAIRE,
- * un broyage avec le broyeur à marteau équipé d'un tamis de 0,8 à 1 mm,
- * le conditionnement dans des sacs plastiques, afin d'envoyer au moins 250 g à l'EMVT, pour permettre l'ensemble des dosages prévus au programme,
- * l'expédition des échantillons avec leurs bordereaux, par avion, si possible en bagages non accompagnés, en profitant des occasions.

¹Bien veiller à ce qu'ils soient bien compris l'un et l'autre.

Modèle de l'étiquette à remplir par J.C. TIZE

- LOCALISATION : CRF-MOUDA
- DATE
- NUMERO DE LA PARCELLE (Plan des Forestiers)
- NOM DU LIGNEUX (GENRE et ESPECE)
- STADE PHENOLOGIQUE : . Végétatif . Avec fleurs
 . Sans feuille . Avec fruits
- ORGANE PRELEVE - FEUILLES - FLEURS - FRUITS
- POIDS du SAC
- POIDS BRUT (avec le sac)
- POIDS SEC (avec le sac) : (IRZ GAROUA).

Plan de l'Essai

Recopié sur le document IRA-CRF

60-59	58-57	56-55	54-53	52-51	50-49	48-47	46-45	SUITE
30-29	28-27	26-25	24-23	22-21	20-19	18-17	16-15	

GAROUA <----- ROUTE GOUDRONNEE

SUITE	44-43 14-13	42-41 12-11	40-39 10-9	38-37 8-7	36-35 6-5	34-33 4-3	32-31 2-1
-------	----------------	----------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------

ROUTE GOUDRONNEE -----> MAROUA

COPIES à Didier BOUCHEL
Jean-Michel HARMAND
Joseph ONANA
C/ARZ/GAROUA
Hubert GUERIN

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DES ESPECES LIGNEUSES TESTEES
PAR L'IDEFOR/DFO POUR LA CONSTITUTION DE HAIES VIVES
DANS LA ZONE DENSE DE KORHOGO (COTE D'IVOIRE - BODJI ET AL., 1993)

Un programme de recherche portant sur l'évaluation agronomique de certaines espèces ligneuses dites forestières dont les épineux, en vue de leur utilisation dans les projets de reboisement et des aménagements agropastoraux du Nord du pays, est exécuté au niveau de la station IDEFOR/DFO à Korhogo. Cette structure a été sollicitée par l'IDESSA pour prendre en compte l'aspect "haies vives" dans le cadre du projet sur la stabilisation des exploitations agricoles dans la zone dense de Korhogo sur le site de Tchélélévogo. Cette collaboration a permis à L'IDEFOR/DFO de tester l'adaptabilité et la croissance de quelques espèces épineuses. L'intérêt fourrager des épineux testés a déjà été signalé dans certaines régions d'Afrique, aussi avons-nous procédé dans le cadre du projet CEE, à l'échantillonnage systématique des feuilles de quelques unes de ces plantes (tableau ci-dessous) à des périodes préalablement définies tout en tenant compte de leur phénologie. Les différents échantillons ont été séchés sous abri à la température ambiante puis broyés aux fins d'analyse bromatologique.

CODE	Famille Espèce	STADE PHENOLOGIQUE			
		1 ^{er} coup Juin 92	2 ^e coup Sept 92	3 ^e coup Nov 92	4 ^e coup Jan 93
044001	<u>Caesalpiniaceae</u> Bauhinia rufescens	pleine feuillaison	feuillaison chute fl+fruct	feuillaison abs. fl.fruct	feuillai fr. mûr
045108	Cassia sieberiana	pleine feuillaison	pleine feuillaison	pleine feuillaison	feuillai fl.+ fr.
049401	Parkinsonia aculeata	pleine feuillaison	pleine feuillaison	début chute f.	abs. f. abs. fr.
a051101	<u>Mimosaceae</u> Dichrostachys cinerea	Pleine feuillaison	pleine feuill	feuillaison abs.fl.absfr.	abs. f. abs. fr.
051705	Acacia polyacantha	pleine feuillaison	feuill.fl fr mûr	feuillaison abs fl.fr	abs. f.
a051712	Acacia nilotica	pas de feuilles	f.chute fl. fruct.	feuill.abs fl abs fr	abs. f.
z051751	Acacia auriculiformis	pleine feuillaison	pleine feuill	feuill.ch fl fruct.	pleine feuilla
056403	<u>Fabaceae</u> Erythrina senegalensis	Pleine feuillaison	début ch. f. dbt fl.	chute feuilles	feuill abs. fr.
068202	<u>Rhamnaceae</u> Ziziphus mauritiana	pleine feuillaison	f.chtfl.fr mûr feuill	feuill.abs fl fruct.	feuill
068204	Ziziphus mucronata	feuillaison fruits à maturité	fr.sec	début ch.f. fruits secs	feuill fl + fr.
	Hematoxylon brasileto	pleine feuillaison	feuill fr. mûr	feuill chute frt sec.	feuill fructif.

IDENTIFICATION ET ECHANTILLONNAGE DES ESPECES LIGNEUSES
ARBUSTIVES UTILISABLES PAR LES RUMINANTS
DANS LES PARCOURS EXTENSIFS DE LA NOUVELLE CALEDONIE : PROTOCOLE
(Nathalie DURAND, 1993)

I - Travail réalisé

1 - Identification des espèces et localisation

- L'herbier de l'ORSTOM et la flore de Nouvelle Calédonie ont permis d'une part de déterminer les espèces récoltées, d'autre part de trouver des lieux de collecte possibles.
- Les déterminations des espèces récoltées ont été vérifiées par Mr Mac Kee ainsi que par des forestiers et des éleveurs locaux. La localisation des peuplements sur le terrain s'est également faite grâce à leur aide.
- Afin de faciliter la reconnaissance des espèces, un herbier (disponible à l'EMVT), a été constitué et des photographies prises.

2 - Prélèvements

Deux kilogrammes de matière verte, feuilles et jeunes rameaux, a priori consommable par l'animal ont été récoltés, sur le même lieu lorsque le peuplement le permettait. La méthode choisie est l'arrachage à la main.

3 - Détermination de la matière sèche

*Modalité :

- La matière verte est pesée avec une balance précise à 0,1 g avant d'être placée à l'étuve en sachet papier.
- Les sachets sont mis à l'étuve à 70°C pendant 72h.
- La matière sèche est pesée avec la même balance.
- Le broyage est effectué au Laboratoire d'Analyse d'Aliments pour le Bétail (LAAB) de Port-Laguerre, la matière sèche mise sous vide.

LISTE DES ESPECES COLLECTEES

Espece	Nom latin	Nom local	Localisation	page
Acacia ampliceps			Païta	3
Acacia farnesiana			Côte ouest	12
Acacia mearnsii			Païta	10
Acacia nilotica			Côte ouest	17
Acalypha grandis	Amakal		Iles	30
Acalypha oancheriana	Amakal		Iles	31
Adenanthura pavonina			Iles	28
Aglaia elaeagnoides	Suju(Maré)	Siju(Ouvéa)	Iles	40
Albizia lebbek			Païta	11
Albizia paraserianthes falcata			Païta	7
Archidendropsis granulosa			Côte ouest	19
Archidendropsis streptocarpa			Côte Est	20
Breynia disticha	Didjem(Maré)		Iles	36
Delarbrea sp.		Hotu(Ouvéa)	Iles	42
Desmanthus virgatus			Côte ouest	13
Entada Phaseoloides		Koca	Côte Est	22
Erythrina sp.		Erythrine	Côte Est	27
Erythrina variegata		Peuplier Kanak	Côte Est	26
Ficus prolixa		Paki(Ouvéa)	Iles	38
Ficus sp.		Bagesa(Ouvéa)	Iles	39
Glicicidia sepium			Païta	1
Glochidion billardieri	Meruri(Maré)	Mana(Ouvéa)	Iles	32
Leucaena leucocephala			Côte ouest	14
Melochia odorata	Thebo(Maré)		Iles	33
Mimosa invisa			Païta	9
Morinda citrifolia		Nonu(Ouvéa)	Iles	43
Mucuna sp.		Koca	Côte Est	23
Parkinsonia aculeata			Côte ouest	16
Peltodorum ferrugineum			Païta	5
Pipturus argenteus		Di	Côte Est	24
Pithecellobium dulce			Côte ouest	18
Podonophelium homei		Lamamea(Ouvéa)	Iles	41
Premna integrifolia	Are(Maré)	Sika(Ouvéa)	Iles	34
Pterocarpus indicus			Côte Est	21
Pueraria lobata	Maniana(Maré)		Iles	35
Samanea saman			Païta	8
Schleintzia insularum			Iles	29
Serianthes sachetiae		Tenda	Côte ouest	15
Sesbania grandiflora			Païta	4
Solanum mauritianum		Toa	Côte Est	25
Strobilopanax macrocarpae	Edi(Maré)		Iles	37
Tamarindus indica			Païta	2
Touana tipu			Païta	6

Description des fiches de récolte

- Nom de l'espèce, date de récolte et référence à l'herbier.

- Existence de graines stockées :

Il s'agit soit de stock existant à la section semence ou au CIRAD forêt, soit de semences récoltées pour ce projet (référence ND).

- Description de l'espèce :

Pour la suite, les réponses obtenues sont indiquées par le signe X.

Les chiffres 0 et 1 correspondent aux modalités des différents facteurs envisagés :

- 0 = non, 1 = oui pour les réponses oui/non,
- 0 = faible, 1 = forte pour le facteur densité de houppier,
- 0 = lent, 1 = rapide pour le facteur vitesse de croissance.

*peuplement : sa description est envisagée dans le but de le classer comme peuplement de récolte pour les semences ou le matériel destiné aux tests d'appétence.

* caractéristiques de l'échantillon :

. strate : on utilise les termes phanérophyte, nanophanérophyte et suffrutex qui ne tiennent pas compte de l'âge de l'échantillon mais de la hauteur du bourgeon terminal. Ceci nous donne une idée de l'accessibilité du feuillage.

. la densité et l'accessibilité du houppier sont évalués et renseignent sur la productivité fourragère de l'échantillon.

. la toxicité est donnée par SELWYN L. EVERIST 1974.

. la perte des feuilles est une donnée bibliographique.

. la croissance : pour certaines espèces des résultats existent au CIRAD forêt de Nouvelle Calédonie, si non on a parfois des données bibliographiques sur le sujet.

L'origine des sources est précisée par (*) lorsqu'il s'agit de source du CIRAD.

. les exigences : des renseignements existent chez les botanistes, au CIRAD forêt et dans la bibliographie.

L'origine des sources est précisée par (*) lorsqu'il s'agit de source du CIRAD, par (**) pour les botanistes.

- Localisation :

* géographique et station de la récolte : le lieu de récolte est précisé par une carte, l'Atlas de Nouvelle Calédonie a servi à donner le type de station.

* de l'espèce sur le territoire : elle est issue de l'observation, de la flore de Nouvelle Calédonie et de l'herbier de l'ORSTOM.

- Valeur alimentaire :

* matière sèche calculée par Nathalie DURAND, et donnée en pourcentage

* il faut y ajouter les caractéristiques mesurées par le LAAB et le laboratoire de Maison Alfort.

Especie : Peltoporum ferrugineum

Date de collecte : 11/06/ 93

Graines : Section semence

Echantillon d'herbier : ND 67

Port-Laguerre.

Description	Localisation	V. A..	Appétabilité
1) Peuplement	1) Lieu de collecte	1) M. sèche	1) Partie appréciée
* Importance 0 1X	Essai barrage de la Tamoá. Plantation.	36,1	* Feuillage Jeune Vieux
* Association 0 1X			* Fleur * Fruit * Rameau Jeune Vieux
* Cultivé			
Haie vive			
Ombrage			
Fourrage			
Autre X			
* Spontané			
Forêt			
Fourré	2) Station		2) Epoque
Savane	Bord de creek.		* SH * SF * SS
Mangrove	Sol brun eutrophe.		
2) Caractère de l'échantillon	3) Répartition		3) Animal consommant
* Strate	Souvent planté, surtout à Nouméa.		* Bv * Cf * Cp * Ov * Cv * Pc
PhanérophYTE X			
NanophanérophYTE			
Suffrutex			
* Houppier			
Densité 0 1X			
Accessible 0X 1			4) Réaction au brout
* Aspect			* Régénère * Disparaît
Epineux			
Velu			
Vernis			
* Odeur 0X 1			
* Toxicité			
Rameau			
Feuille			
Fleur			
Fruit			
Ecorce			
Racine			
* Latex 0X 1			
* Fructification 0 1X			
* Perte de feuille 0 1			
* Attaque			
Rameau			
Feuille			
Fleur			
Fruit			
* Croissance			
Vitesse 0 1			
Exigence			
édaphique 0 1			
climatique 0 1			

CHAPITRE VI

LES TANINS DANS LES FOURRAGES LIGNEUX¹

par

Colette GRILLET*, Francis VILLENEUVE**

* CIRAD-EMVT, 2477 Avenue du Val de Montferrand,
B.P. 5035 - 34060 Montpellier Cedex (France)

** (décédé en 1992) CIRAD-Forêt, 45 Avenue de la Belle Gabrielle
94130 Nogent sur Marne (France)

* GRILLET (Colette), VILLENEUVE (F.) - 1994. Les tanins dans les fourrages ligneux. Chapitre VI In: GUERIN (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2/89/215. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT.



INTRODUCTION

Les tanins végétaux sont des phénols hydrosolubles qui se caractérisent par leur propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. On distingue habituellement (figure VI.1) :

- les tanins hydrolysables qui sont des polyesters d'hydrates de carbone (comme le glucose) et de noyaux phénoliques carboxylés de l'acide gallique ou de l'acide ellagique (Swain, 1965). Ils sont facilement hydrolysés par la chaleur en milieu acide ou par des enzymes ;
- les tanins condensés (proanthocyanidines), sous-groupes des oligomères flavanoliques, qui sont des polymères de flavane-3-ol (catéchine) ou de flavan 3-4 diol (leucoanthocyanidine) ; ils sont polymérisés par la chaleur en milieu acide.

Le grand nombre de noyaux phénoliques hydroxylés des tanins leur permet de former des complexes avec les protéines (Swain, 1965) et avec d'autres molécules comme les hydrates de carbones (Reddy *et al.*, 1985), les vitamines (Carrera *et al.*, 1973), les minéraux, les ions métalliques en particulier (Hartley, 1981 ; Reddy *et al.*, 1985 ; Rao *et al.*, 1988), les structures membranaires des microorganismes (Singleton, 1981).

Si les plantes herbacées sont particulièrement riches en tanins condensés (Mc Leod, 1974), les deux catégories de tanins sont présentes dans les feuilles des fourrages ligneux (Waterman *et al.*, 1980, Diagayete *et al.*, 1982 ; Coley, 1983 ; Lohan *et al.*, 1983 ; Reed *et al.*, 1985 ; Mole *et al.*, 1987 ; Leinmüller *et al.*, 1991).

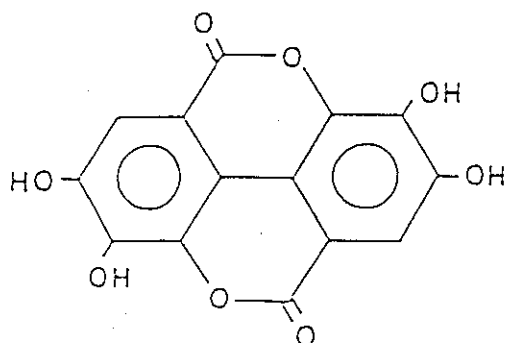
La très grande affinité des tanins pour les protéines est une des causes majeures de leur effet sur la valeur alimentaire des fourrages ligneux : d'une part la précipitation des protéines salivaires par les tanins (Mehansho *et al.*, 1987) ainsi que leur adhérence à la muqueuse buccale (phénomène d'astringence) diminuent l'acceptabilité des fourrages par les animaux, d'autre part la complexation des tanins avec les protéines alimentaires et avec les membranes bactériennes le long du tractus digestif expliquent les effets plus ou moins négatifs des tanins sur la digestibilité des fourrages ligneux.

Dans le but d'étudier ces effets sur l'utilisation digestive des protéines, les tanins ont été dosés sur différentes espèces de ligneux. De nombreuses techniques de dosage étant décrites dans la littérature, dans un premier temps, nous avons donc testé différentes méthodes afin d'identifier une technique, applicable sur un grand nombre d'échantillons, qui permet une bonne estimation des tanins ayant un effet sur les protéines.

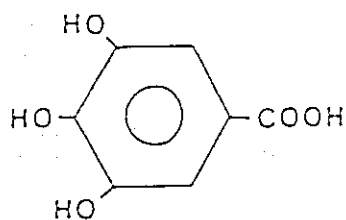
Dans un deuxième temps, l'effet des tanins sur la valeur digestive des fourrages ligneux a été abordé.

Figure VI.1 - Exemples de molécules de tanins hydrolysables et condensés.
 Tanins hydrolysables (d'après Deshpande 1986, Leinmüller *et al.*, 1991)

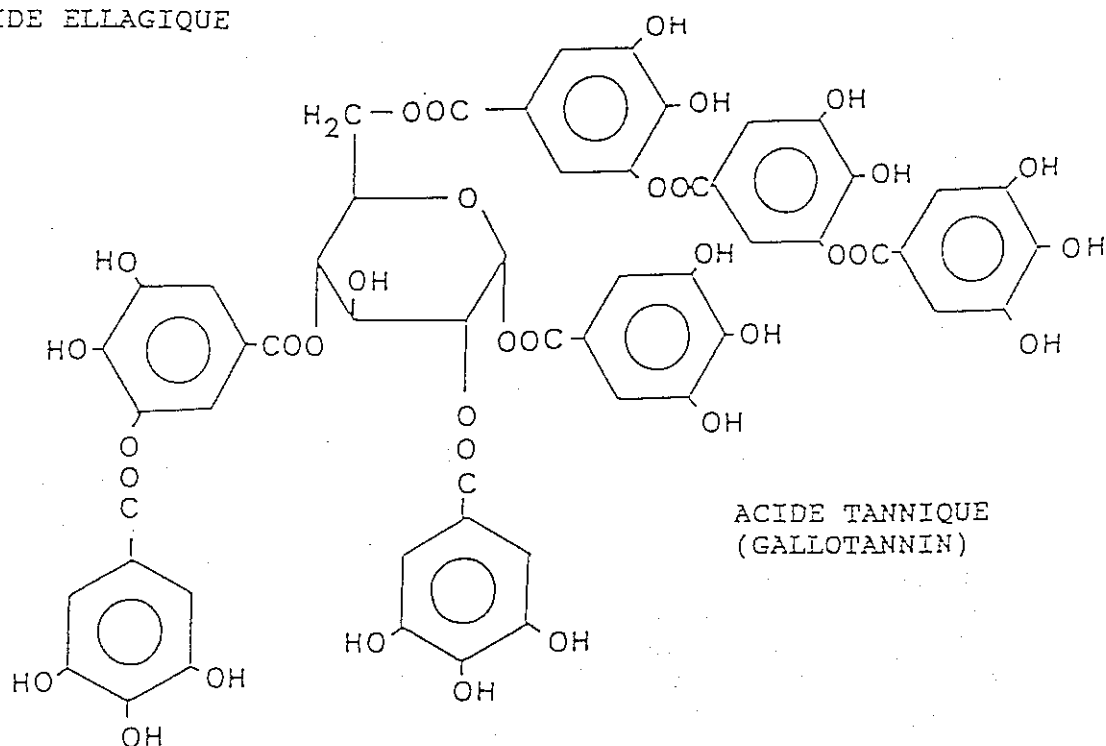
TANINS HYDROLYSABLES



ACIDE ELLAGIQUE

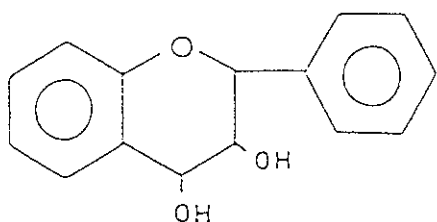


ACIDE GALLIQUE

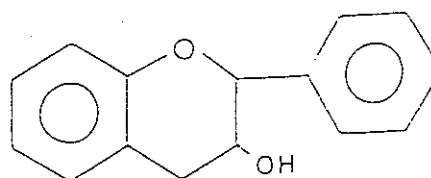


ACIDE TANNIQUE
(GALLOTANNIN)

TANINS CONDENSES



FLAVAN-3,4-DIOL
(leucoanthocyanidine)



FLAVAN-3-OL
(catéchine)

1. CHOIX DES METHODES DE DOSAGE

1.1. Principales fractions de polyphénols et principes des méthodes de détermination

Les dosages peuvent être :

- quantitatifs

- . non spécifiques : dosage des phénols totaux (PT), des oligomères flavanoliques totaux (OFT) qui permettent une estimation globale des phénols ;
- . spécifiques d'une catégorie de tanins : dosage des tanins condensés (TC) ou bien des tanins hydrolysables (TH) ;
- . liés à un effet biologique, par exemple¹ dosage des tanins hydrolysables et condensés par précipitations des protéines (TP) ; cette technique ne permet pas la distinction entre TC et TH ;

-qualitatifs : identification par HPLC.

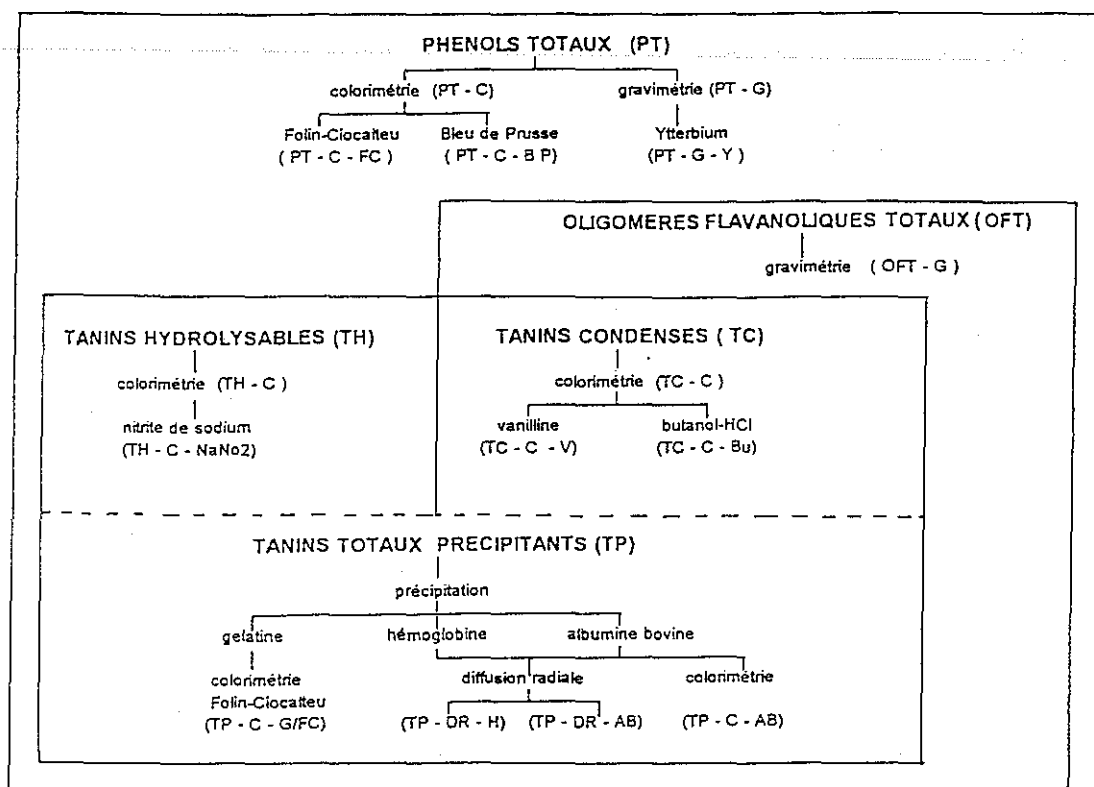
Différentes techniques ont été testées sur des échantillons de ligneux dans le but d'en identifier une ou plusieurs, d'application facile sur un grand nombre d'échantillons, permettant une bonne estimation des tanins ayant un effet sur les protéines alimentaires.

Elles visent donc à déterminer les phénols totaux (PT), les oligomères flavanoliques totaux (OFT), les tanins hydrolysables (TH), les tanins condensés (TC), ou le pouvoir précipitant des tanins (TP) considérés globalement (TC et TH).

Les autres lettres d'abréviation servant à citer les techniques de dosage dans les tableaux évoquent leur principe et les principaux réactifs : C pour colorimétrie, G pour gravimétrie, DR pour diffusion radiale ; les réactifs et leurs abréviations sont mentionnés dans la liste des méthodes et le diagramme résumant les possibilités de fractionnement des polyphénols (figure VI.2).

¹ D'autres méthodes utilisent les propriétés de blocage enzymatique des tanins.

Figure VI.2 - Diagramme décrivant les possibilités de fractionnement des polyphénols



Onze techniques de dosage ont donc été testées :

- a) dosage des phénols totaux
 - . par colorimétrie
 - au Folin-Ciocalteu (PT-C-FC) (Marigo, 1973) (20 échantillons) ;
 - au Bleu de Prusse (PT-C-BP) (Price et Butler, 1977) (28 échantillons) ;
 - . par gravimétrie
 - précipitation à l'ytterbium (PT-G-Y) (Reed *et al.*, 1985) (13 échantillons) ;
 - . par chromatographie
 - chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC) (technique appliquée au NRI) (26 échantillons)
- b) dosage des oligomères flavanoliques totaux (OFT) par gravimétrie (OFT-G) Masquelier *et al.*, 1979) (13 échantillons) ;
- c) dosage des tanins condensés (TC) par colorimétrie
 - après condensation des proanthocyanidines avec la vanilline en milieu acide (TC-C-V) (Brun, 1987) (13 échantillons) ;

- après hydrolyse acide des proanthocyanidines en milieu butanolique (TC-C-Bu) (Scalbert *et al.*, 1987) (105 échantillons) ;

d) dosage des tanins hydrolysables (TH) par colorimétrie après oxydation par le nitrite de sodium (TH-C-NaNO₂) (Scalbert *et al.*, 1987) (5 échantillons) ;

e) dosage des tanins précipitants (TP) : (totaux = hydrolysables + condensés)

. par colorimétrie

- après précipitation de la gélatine et réaction au Folin-Ciocalteu (TP-C-G/FC) (Marigo, 1973) (18 échantillons) ;

- après précipitation de l'albumine bovine (TP-C-AB) (Hagerman et Butler, 1978) (456 échantillons) ;

. par diffusion radiale (Hagerman, 1987)

- après précipitation de l'albumine bovine (TP-DR-AB) (5 échantillons) ;

- après précipitation de l'hémoglobine (TP-DR-H) (28 échantillons).

Une même fraction de phénols peut donc être déterminée par plusieurs méthodes qui diffèrent dans leurs principes, ce qui explique par avance la variabilité des données bibliographiques et celle qui ressort du tableau VI.1.

Selon les techniques utilisées (tableau VI.1), les résultats présentent en effet une grande hétérogénéité : pour certaines espèces, aucuns tanins totaux n'ont été dosés alors que les teneurs en tanins condensés ne sont pas nulles (ex. *Sesbania rostrata*). De même, certaines teneurs en oligomères flavanoliques totaux sont plus faibles que les teneurs en tanins condensés (ex. *Acacia linearoides*). Pour certains échantillons, les teneurs en polyphénols obtenues par dosage à l'ytterbium sont surestimées (ex. *Gardenia ternifolia*).

Tableau VI.1 - Teneurs en diverses fractions polyphénoliques de quelques espèces ligneuses (Villeneuve, 1991)

(en g d'équivalent étalon p.100 g de MS ; étalon variable suivant la méthode : 1. acide ellagique ; 2. p.100 de MS ; 3. catechine ; 4. acide tanique)

METHODE	PHENOLS ¹ TOTAUX PT-C-FC.	PHENOLS ² TOTAUX PT-G-Y	OFT- ² G	Tanins ³ condensés TC-C-V	Tanins ¹ précipitants TP-C-G/FC	Tanins ⁴ précipitants TP-C-AB
<i>Boscia senegalensis</i>	0.3	2.1	0.5	0.2	0.0	0.0
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0.5	0.0	0.5	0.3	0.0	0.1
<i>Sesbania rostrata</i>	1.1	0.0	0.3	0.8	0.1	0.1
<i>Rhigozum somalense</i>	1.5	4.8	6.3	1.6	0.9	-
<i>Acacia linearoides</i>	4.1	0.3	0.2	0.6	2.3	0.8
<i>Gardenia ternifolia</i>	5.7	29.4	1.5	1.6	3.4	-
<i>Acacia ataxacantha</i>	9.3	19.6	3.7	1.4	6.9	8.6
<i>Acacia meamsii</i>	24.6	31.2	2.7	3.6	4.8	1.1

Selon la méthode de détermination, la hiérarchie des espèces est différente ; cependant, certaines espèces apparaissent globalement riches en tanins, d'autres pauvres.

De nombreux autres facteurs peuvent faire varier les résultats obtenus pour une même méthode.

I.2. Influence du mode de conditionnement des échantillons

Les tanins sont supposés être dans les vacuoles des cellules fraîches (Mc Leod, 1974 ; Terrill *et al.*, 1990). Lors du séchage, le rétrécissement des vacuoles permettrait le contact des tanins avec les protéines membranaires. La complexation tanin-protéines, ainsi qu'une polymérisation et une oxydation des tanins par la chaleur (Golstein et Swain, 1963), pourraient expliquer la diminution des teneurs en tanins observée sur les échantillons séchés ; ceci d'autant plus que la température est élevée (Terrill *et al.*, 1990). L'hypothèse est donc faite qu'un séchage à l'air libre devrait entraîner une dénaturation des tanins moins importante qu'à l'étuve.

En début de programme, cinq échantillons ont donc été conservés dans les mêmes conditions que celles appliquées par Ho-Ahn *et al.*, (1989) et Terrill *et al.*, 1990 en vue de déterminer les conséquences d'un séchage systématique à l'air, le plus adapté aux conditions logistiques du projet.

Les échantillons frais ou congelés, lyophilisés, séchés à l'air ou à l'étuve à 60°C ont été analysés pour leurs teneurs en :

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
1. CHOIX DES METHODES DE DOSAGE	3
1.1. Principales fractions de polyphénols et principes des méthodes de détermination	3
1.2. Influence du mode de conditionnement des échantillons	6
1.3. Influence du mode d'extraction	10
1.4. Influence du choix des étalons de référence pour calibrer les réactions colorimétriques	11
1.5. Relations entre les résultats obtenus dans plusieurs laboratoires et/ou par plusieurs méthodes	12
1.6. Détermination qualitative des phénols par HPLC	13
1.7. Conclusion sur le choix des méthodes	16
2. TENEURS EN TANINS DE QUELQUES LIGNEUX D'AFRIQUE CENTRALE ET DE L'OUEST	17
2.1. Matériel et méthode	17
2.1.1. Matériel	17
2.1.2. Méthode	17
2.2. Résultats	17
3. EFFETS DES TANINS SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX	23
3.1. Rappels bibliographiques	23
3.1.1. Effet des tanins sur l'ingestion	23
3.1.2. Effet sur la digestibilité de la fraction fibreuse ..	23
3.1.3. Effet sur la digestibilité de l'azote	23
3.2. Etude expérimentale	24
CONCLUSION	26
BIBLIOGRAPHIE	29

- phénols totaux (PT-C-FC) (PT-G-Y)
- oligomères flavanoliques totaux (OFT-G)
- tanins hydrolysables (TH-C)
- tanins condensés (TC-C-V) ou (TC-C-Bu)
- tanins précipitants (TP-C-G/FC).

Conformément aux résultats de la bibliographie (cf. ci-dessus), le mode de séchage a affecté différemment les teneurs en phénols selon l'espèce et la technique de dosage (tableau VI.2 et figure VI.3). Globalement, les échantillons séchés à l'étuve avaient les teneurs les plus basses et ce mode de conditionnement masquait les hiérarchies entre espèces qui pouvaient être établies avec les échantillons conservés par d'autres techniques. Les échantillons frais avaient les teneurs les plus élevées mais ceux qui ont été lyophilisés ou séchés à l'air se classaient dans le même ordre.

Compte tenu de l'intérêt irrégulier du dosage sur des échantillons frais ou lyophilisés, comparativement à des échantillons séchés à l'air, c'est ce dernier mode de conservation qui a été finalement adopté pour des dosages en série.

Tableau VI.2 - Teneurs en polyphénols (en g d'équivalent étalon/100 g de MS) en fonction des techniques de dosage utilisées et en fonction du mode de séchage des échantillons

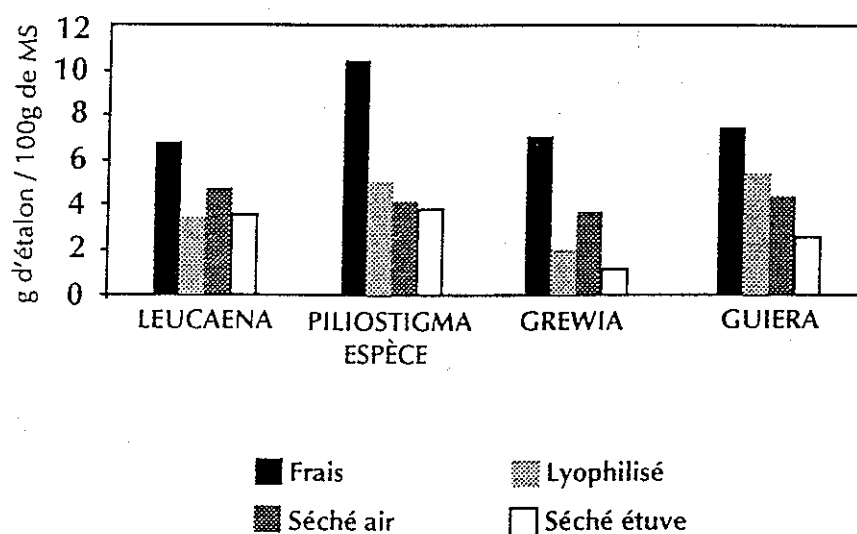
METHODE	SECHAGE	Leucaena leucocephala	Piliostigma reticulatum	Grewia bicolor	Guiera senegalensis	Calotropis procera
PHENOLS TOTAUX PT-C-F (1)	Frais	6.8	10.6	7.2	7.6	1.4
	Lyoph.	3.5	5.1	2.1	5.6	-
	Sec Air *	4.7	4.3	3.9	4.6	0.0
	SecEtuve*	3.6	3.9	1.3	2.8	0.3
PHENOLS TOTAUX PT-G-Y (2)	Frais	13.9	6.9	10.9	24.2	0.0
	Lyoph.	9.2	8.7	9.9	15.6	-
	Sec Air	8.6	5.2	8.4	7.8	0.0
	SecEtuve	10.7	5.1	11.0	9.0	0.0
OFT OFT-G (2)	Frais	0.3	0.3	0.0	1.4	0.0
	Lyoph.	0.6	0.3	0.4	0.8	-
	Sec Air	1.8	0.4	1.0	1.6	0.4
	SecEtuve	0.8	0.5	0.8	0.7	0.9
Tanins condensés TC-C-V (1)	Frais	2.6	3.0	2.7	1.4	0.0
	Lyoph.	3.5	4.1	1.8	2.4	-
	Sec Air	1.3	2.4	2.5	0.5	0.2
	SecEtuve	1.7	2.0	0.7	0.4	0.2
Tanins condensés TC-C-Bu (3)	Frais	0.7	6.0	3.5	0.0	0.0
	Lyoph.	1.6	2.9	2.8	0.6	-
	Sec Air	1.5	3.6	0.4	0.5	0.2
	SecEtuve	1.9	2.0	1.3	0.4	0.3
Tanins hydrolysables TH-C-NaNo2 (4)	Frais	-	-	-	-	-
	Lyoph.	7.3	9.9	8.4	8.6	-
	Sec Air	10.0	8.6	3.0	1.5	0.9
	SecEtuve	8.0	7.6	1.7	1.3	2.1
Tanins précipitants TP-C-G/FC (1)	Frais	3.0	8.0	4.9	1.9	0.6
	Lyoph.	1.3	3.6	1.9	2.1	-
	Sec Air	2.0	2.7	3.7	2.4	0.0
	SecEtuve	2.3	2.5	0.9	1.2	0.1
Tanins précipitants TP-C-AB (5)	Frais	1.16	1.9	3.6	2.3	-
	Lyoph.	1.57	-	-	6.1	-
	Sec Air	2.35	3.8	3.4	4.7	0.0
	SecEtuve	0.90	3.6	1.4	1.4	0.0

Etalon : (1) - catéchine. (2) - p.100 de MS. (3) - cyanidine. (4) - acide ellagique. (5) - acide tanique.

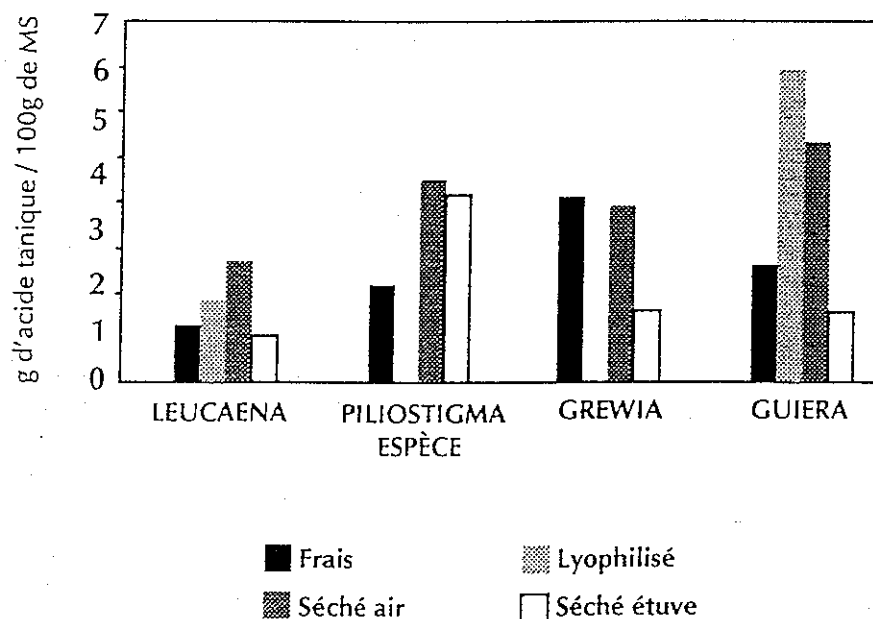
* séchage à l'air à 23° C - séchage à l'étuve à 60° C pendant 72 h.

Figure VI.3 - Teneurs en phénols totaux (PT-C-FC) et en tanins précipitants (TP-C-AB) de quatre espèces ligneuses suivant le mode de conservation des échantillons (cf. d'après tableau VI.2)

PHÉNOLS TOTAUX



TANINS PRÉCIPITANTS



I.3. Influence du mode d'extraction

Les paramètres qui caractérisent le mode d'extraction sont nombreux : le poids de la prise d'essai et le volume d'extraction ; le dégraissage préalable des échantillons ; le choix du solvant et son élimination avant dosage ; la durée d'extraction.

La méthode retenue au début du projet (Villeneuve, 1991) est celle de Scalbert *et al.* (1987) qui a été progressivement adaptée (simplifications avec contrôle des résultats) (Grillet, 1993) et comparée à celle appliquée par le NRI et l'Université de Hohenheim (tableau VI.3).

Tableau VI.3 - Simplification de la technique d'extraction de Scalbert *et al.* (1987) par Grillet (1992) : comparaison à celles appliquées à l'Université de Hohenheim et au NRI

	CIRAD-Forêt 1991(1)	CIRAD-EMVT 1992-1993(2)	Uni. Hohenheim (3)	NRI(4)
Solvant	Méthanol	Méthanol	Méth./acétone(5)	Acétone
Durée d'extraction	2 h	1 h	entre 3 et 60mm	1 mn
Volume d'extraction	100 ml	5 ml	variable	5 ml
Prise d'essai	1 g	100 mg	variable	500 mg
Extraction préalable des lipides	oui	non	variable	non
Élimination du méthanol	oui	non	variable	non

(1) d'après Scalbert *et al.*, 1987 ; (2) Grillet, 1993 ; (3) Leinmüller, 1989 ; (4) Wood (communication personnelle) ; (5) Phénols totaux et tanins condensés : acétone 70 p.100. Tanins précipitants : méthanol 50 p.100.

Comme l'ont déjà signalé Terrill *et al.*, (1990), la nature du solvant influence les résultats : Grillet (1993) a comparé les teneurs en phénols totaux (PT-C-BP) de trois espèces en faisant varier le solvant, méthanol ou acétone, ainsi que la durée et le mode d'agitation ; (agitation magnétique pendant 1 heure ou homogénéisation par ultra turrax pendant 1 minute) (tableau VI.4).

Tableau VI.4 - Teneur en phénols totaux (PT-C-BP) en fonction du mode d'extraction (en DO/g de MS) (Grillet, 1993 - Résultats obtenus au NRI)

	Méthanol 70 p.100 Agitation magnétique 1 heure	Méthanol 70 p.100 ultra turrax 1 min	Acétone 70 p.100 ultra turrax 1 min
<u>Combretum aculeatum</u>	460	385	712
<u>Ziziphus mauritiana</u>	181	232	336
<u>Mangifera indica</u>	610	655	736

I.5. Relations entre les résultats obtenus dans plusieurs laboratoires et/ou par plusieurs méthodes

En dépit de ces variations il est utile de vérifier la cohérence des résultats obtenus par diverses méthodes et/ou dans plusieurs laboratoires. A cette fin, les relations entre les teneurs en phénols totaux (PT-C-FC), en tanins condensés (TC-C-Bu) et en tanins précipitants (TP-C-AB) mesurés sur 12 à 18 échantillons (suivant les méthodes) à l'Université de Hohenheim et au CIRAD-EMVT, ont été calculées. Malgré des étalons différents, les relations sont précises et permettent une bonne prédiction des résultats d'un laboratoire à partir de ceux obtenus dans l'autre (tableau VI.6).

Tableau VI.6 - Relations entre les teneurs en tanins (en g d'équivalent étalon/100 g MS) mesurés à l'Université de Hohenheim (*) et au CIRAD-EMVT

DOSAGE	MOY	ETALON	SD	MIN	MAX	R	ETR	N
PT-C-FC 1	6.6	A.GALLIQUE	6.5	2.2	26.2	0.96	1.8	12
2	4.9	A.GALLIQUE	6.5	0.7	24.8			
TC-C-Bu 1	0.5	CYANIDINE	0.6	0	2.3	0.89	0.3	18
2	7.2	Combretum Collinum	1.6	0	20.1			
TP-C-AB 1	1.4	A.TANIQUE	1.5	0	5.3	0.91	0.7	15
2	7.2	prot.précipitée	7.2	0	24.3			

PT-C-FC : phénols totaux (Folin Ciocalteu) ; TC-C-Bu : tanins condensés (butanol-HCl) ; TP-C-AB : tanins précipitant l'albumine bovine.

1-EMVT ; 2-Hohenheim ; * résultats de Leinmüller (1989)

Par ailleurs, des ensembles d'échantillons furent analysés au CIRAD-Forêt puis au CIRAD-EMVT par plusieurs méthodes parmi celles décrites ci-dessus. Les coefficients de corrélation ont été calculés deux à deux. Ils mettent en évidence les liaisons étroites entre les phénols totaux et celles en tanins précipitants ou condensés (tableau VI.7).

Tableau VI.7 - Corrélations entre différentes techniques de détermination des polyphénols des fourrages ligneux (n = 5 à 100)

	PHENOLS TOTAUX			OFT I G	Tanins condensés		Tanins précipitants	
	PT-C-FC	PT-C-BP	PT-G-Y		TC-C-V	TC-C-B	TP-C-G/FC	TP-C-AB
PT-G-Y	0.827		1					
OFT-G	0.323		0.323	1			0.312	
TH-C-Na	0.756		0.122				0.811	
TC-C-V	0.867		0.726	0.431	1		0.684	
TC-C-Bu	0.973		0.417	-0.525	0.952	1	0.809	
TP-C-G/FC	0.869		0.689				1	
TP-C-AB	0.969	0.804				0.572		1
TP-DR-AB	0.956					0.963		0.982
TP-DR-H		0.849						0.779

Les valeurs en gras sont significatives pour $p < 0.01$.

Pour une technique d'agitation identique (1 minute à l'Ultra turrax), l'extraction à l'acétone est plus performante. Cependant ce solvant ne peut pas être retenu pour toutes les techniques : l'acétone précipitant les protéines, il doit être éliminé en totalité pour les méthodes mesurant cette propriété commune aux tanins, excepté pour la technique par diffusion radiale (d'après Hagerman, 1987).

Les durées d'extraction préconisées dans la littérature varient de 20 min à 24 h (Leinmüller *et al.*, 1991). D'après les résultats du tableau VI.4, une extraction d'une minute sous agitation rapide (ultra turrax) semble même suffisante. De plus, aucune différence n'a été observée entre les résultats obtenus après 1 h ou 2 h d'agitation (résultats non publiés de Grillet (1992) sur 5 échantillons). Villeneuve (1991) avait fait la même observation.

Les phénols sont des molécules facilement oxydables, des temps d'extraction trop longs peuvent donc entraîner une sous-estimation de leurs teneurs (Price *et al.*, 1978 ; Kuhla *et al.*, 1981), il est donc préférable de rechercher les techniques d'extraction les plus rapides.

1.4. Influence du choix des étalons de référence pour calibrer les réactions colorimétriques

Les composés phénoliques totaux et les tanins peuvent par exemple être exprimés par rapport à deux étalons choisis arbitrairement parmi la liste des composés phénoliques disponibles à l'état pur : la catéchine, monomère de tanin condensé, et l'acide ellagique, monomère de tanin hydrolysable. Les résultats rapportés au tableau VI.5 montrent des différences liées aux choix de l'étalon mais elles sont faibles par rapport à celles dues aux facteurs étudiés (espèce et mode de conservation).

Tableau VI. 5 - Phénols totaux (PT-C-FC g eq. étalon/100 g de matière sèche)

	Frais		Lyophilisé		Sec. à l'air 23°C		Sec. à l'étuve 60°C 72 h	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Leucaena leucocephala	6,84	7,16	3,48	4,06	4,7	5,5	3,6	4,2
Piliostigma reticulatum	10,58	12,14	5,07	5,87	4,3	4,99	3,9	4,6
Grewia bicolor	7,24	8,31	2,13	2,53	3,95	4,6	1,3	1,6
Calotropis procera	1,43	1,33	-	-	0	0,07	0,3	0,4
Guiera senegalensis	7,63	8,82	5,58	6,46	4,6	5,4	2,8	3,3

1 = catéchine ; 2 = acide ellagique

Quoi qu'il en soit, divers auteurs, dont Villeneuve (1991) citant Ribereau Gayon (1968) soulignent qu'une des difficultés de l'étude des tanins réside dans le fait que l'on compare la réactivité de mélanges de molécules à celle de composés "étalons" choisis arbitrairement et n'appartenant au mieux qu'à une des familles chimiques étudiées.

En revanche, malgré une liaison étroite entre les deux méthodes de détermination des tanins condensés, seule celle utilisant le butanol est bien corrélée avec l'effet précipitant des tanins en particulier lorsqu'il est mesuré par diffusion radiale.

Ces observations confirment la conclusion de Villeneuve (1991) suivant laquelle la détermination des phénols totaux au Folin-Ciocalteu complétée par celle des tanins condensés avec le n-butanol donnait une idée suffisante et cohérente du contenu tanique des fourrages ligneux. En revanche, les dosages des tanins hydrolysables (TH) ont été trop peu nombreux pour étudier la relation entre ce dosage et le pouvoir précipitant.

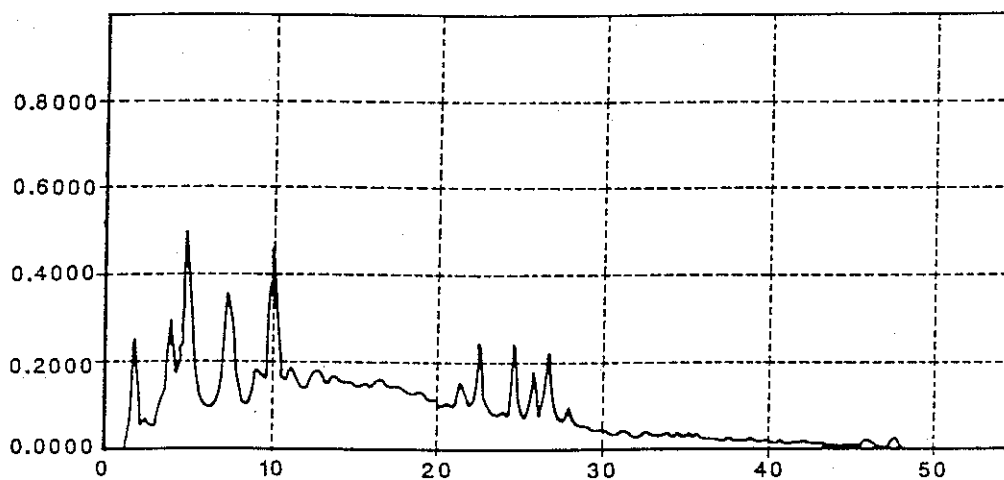
I.6. Détermination qualitative des phénols par HPLC

Malgré les fractionnements, les méthodes de dosage globales des tanins ne rendent pas compte de leur diversité chimique et donc des variations d'activité biologique. Il est nécessaire pour cela de faire appel à la connaissance structurale des molécules, à leur activité propre et à leurs proportions relatives dans les ligneux. Les techniques modernes telles que l'HPLC peuvent renseigner sur ces points, espèce végétale par espèce végétale. Les spectres obtenus au NRI (Grillet, 1993) sur trois espèces présentent des pics différents, mais ils n'ont pas été interprétés quantitativement (figures VI.4 et VI.5). Vingt-trois autres échantillons ont été étudiés par la même technique.

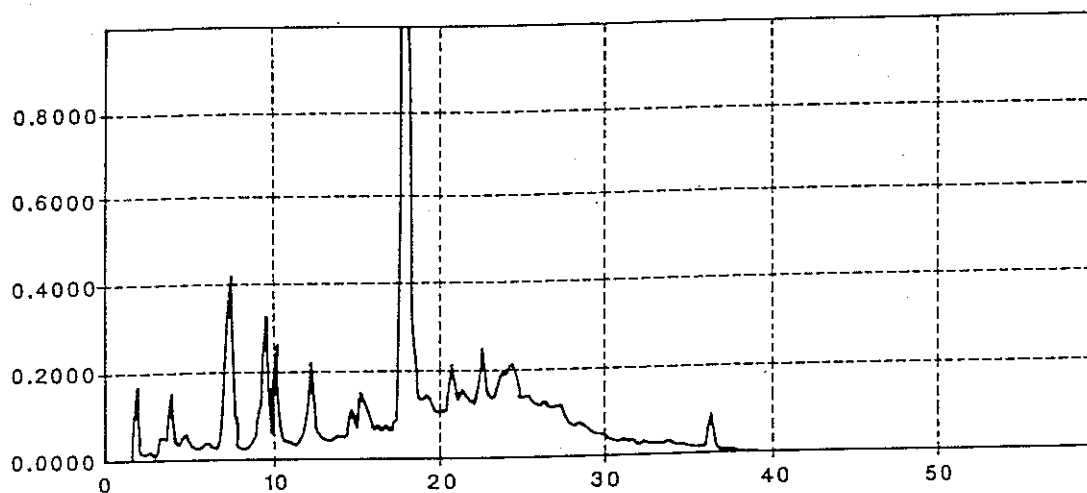
L'étape suivante consisterait à déterminer la nature des produits correspondants à ces pics ainsi que leur activité biologique. Il s'agit là d'un programme de travail utile et ambitieux, entrepris en 1993 au NRI, qui n'était pas réalisable dans le cadre de ce projet. Cette nouvelle approche des tanins devrait, en revanche, être incluse dans une étude associée aux effets des régimes à base de ligneux sur l'activité cellulolytique mesurée *in sacco*.

Figure VI.4 - Spectres en HPLC (240 nm) de trois espèces ligneuses soumises à une extraction par le méthanol sous agitation magnétique (entre parenthèses teneur en phénols totaux mesurée par colorimétrie par le bleu de prusse : PT-C-BP)

Combretum aculeatum (460 DO/g MS) (échantillon n° 855)



Mangifera indica (610 DO/g MS) (échantillon n° 1601)



Ziziphus mauritiana (181 DO/g MS) (échantillon n°)

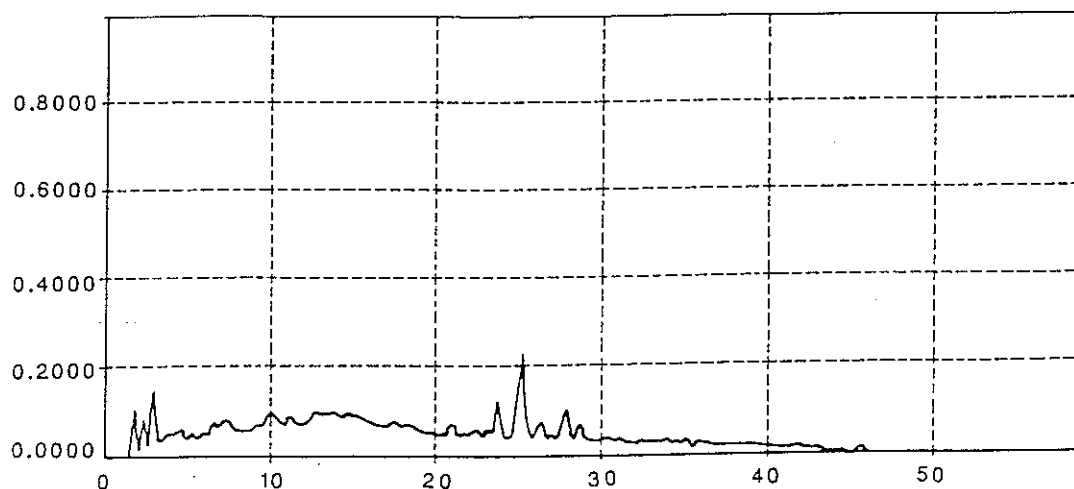
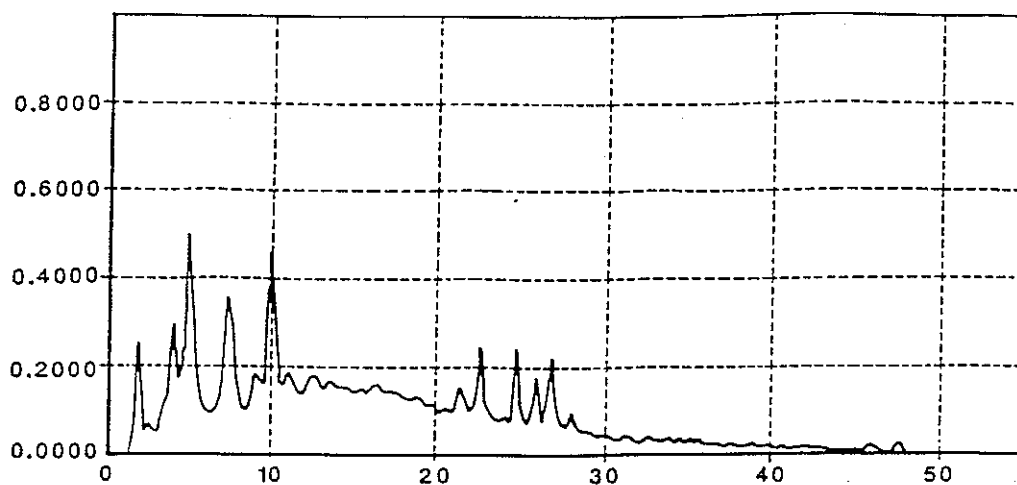
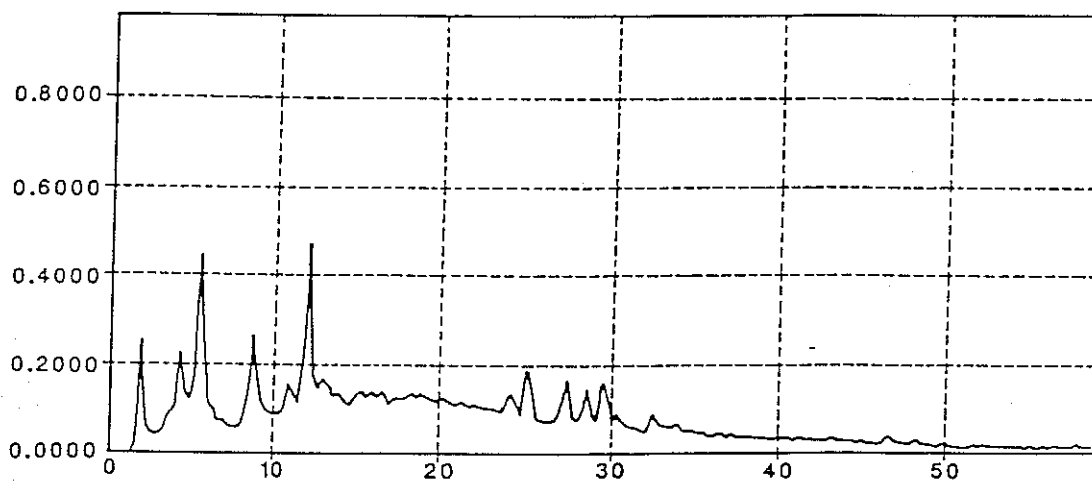


Figure VI.5 - Spectres en HPLC (240 nm) de *Combretum aculeatum* soumis à trois techniques d'extraction

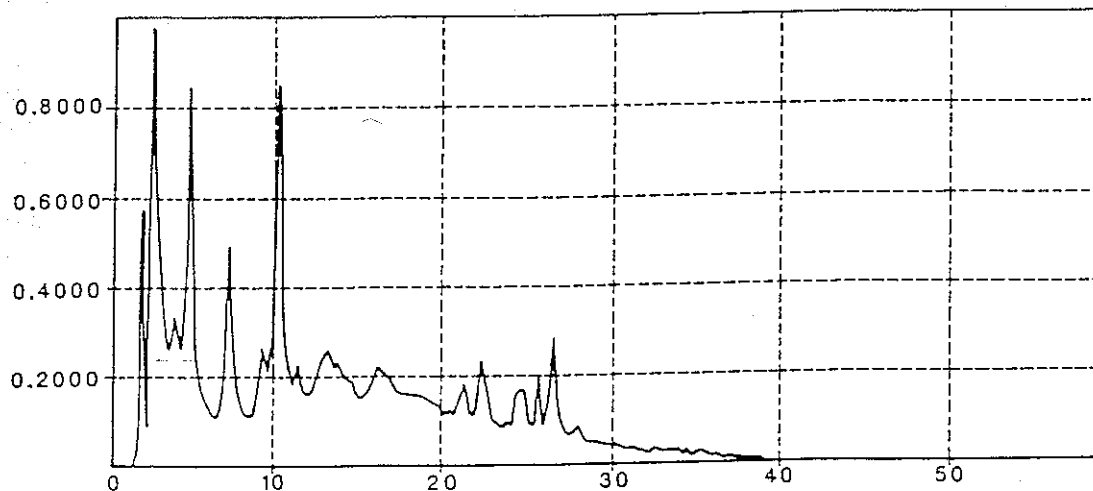
Méthanol sous agitation magnétique (460 DO/g MS) (échantillon n° 855)



Méthanol et homogénéisation par Ultra Turrax (385 DO/g MS)
(échantillon n° 855)



Acétone et homogénéisation par Ultra Turrax (712 DO/g MS)
(échantillon n° 855)



1.7. Conclusion sur le choix des méthodes

Il n'existe actuellement aucune méthode définitivement normalisée pour étudier les tanins des fourrages ligneux.

Après les avoir testés comparativement, Grillet a progressivement éliminé les méthodes de fractionnement en s'appuyant sur les arguments suivants :

- les techniques de dosages des phénols totaux (PT) ne sont pas spécifiques et ne permettent pas de distinguer les phénols de faible poids moléculaire qui n'ont pas d'effet biologique (Deshpande *et al.*, 1986) ;
- tous les flavanes ne sont pas des tanins ; le dosage des OFT entraîne donc une surestimation des tanins variables suivant l'espèce.
- à la différence des fourrages herbacés, les tanins hydrolysables sont importants dans les fourrages ligneux et leur effet précipitant n'est pas moindre que celui des tanins condensés. Il faudrait donc déterminer les deux fractions, ce qui représente un travail très important dans le cas de l'étude de nombreuses espèces.

Le choix d'une technique de mesure du pouvoir précipitant a été orienté par les observations suivantes :

- la mesure de la précipitation de la gélatine par le réactif de Folin-Ciocalteu (TP-C-FC) permet une bonne estimation des tanins totaux, mais la technique est longue et délicate ; il est en particulier difficile d'apprécier le précipité formé par la gélatine ;
- inversement, la mesure de la précipitation des protéines par diffusion radiale est simple et rapide mais l'appréciation des résultats est très subjective ;
- parmi toutes les techniques testées, le dosage par précipitation de l'albumine bovine (Hagerman et Butler, 1978) semble le plus adapté pour mesurer l'activité biologique des tanins sur un grand nombre d'échantillons (Hahn *et al.*, 1984 ; Deshpande *et al.*, 1987 ; Dawra *et al.*, 1988 ; Bernays *et al.*, 1989). Ce fut donc la technique retenue pour caractériser en série les échantillons du projet en analysant en priorité ceux étudiés *in vitro* ou sur l'animal.

Cependant, les liaisons trouvées entre les résultats obtenus par cette méthode et les résultats de digestibilité *in vitro*, *in sacco* ou *in vivo* doivent être précisés : en effet, les valeurs obtenues par cette technique sont des teneurs en tanins précipités et non pas des mesures d'activité précipitantes, qui varient en fonction de la structure des tanins et de la protéine concernée. La détermination simultanée des teneurs en protéines et en tanins du complexe tanin-protéine formé permet d'estimer cette activité (Makkar, 1989). Par cette technique, Leinmüller (1989) observe une bonne corrélation ($p < 0.01$) entre les mesures d'activité précipitantes des tanins et la dégradation des protéines *in vitro*.

2. TENEURS EN TANINS DE QUELQUES LIGNEUX D'AFRIQUE CENTRALE ET DE L'OUEST

2.1. Matériel et méthode

2.1.1. Matériel

Les tanins ont été dosés sur 560 échantillons appartenant à 124 espèces ; pour 39 d'entre elles, 5 échantillons ou plus ont été analysés. Sur tous, les analyses chimiques classiques (MS, MAT, MGE, CBW, NDF, ADF, ADL...), ainsi que des mesures de dégradabilité enzymatique des matières sèche ou organique (dégradabilité à la pepsine cellulase) ou azotée (dégradabilité par la pronase) ont été effectuées. 65 d'entre eux ont fait l'objet d'études de dégradabilité *in vivo*, *in vitro* ou *in sacco*. La fréquence d'une espèce ainsi que sa consommation par le bétail ont été le critère de choix des échantillons.

Pour une même espèce des organes divers (feuilles, fruits, fleurs, graines, tiges...) ainsi que des feuilles à différents stades phénologiques ont été analysés.

2.1.2. Méthode

Les échantillons séchés à 60°C ont été broyés (grille de 1 mm). Les tanins ont été extraits par un mélange méthanol/eau (7/3) (100 mg d'échantillon dans 5 ml de solvant, agitation magnétique pendant 1 heure à température ambiante). Les tanins ont été dosés par la technique de précipitation de l'albumine bovine décrite par Hagermann et Butler (1978). (TP-C-AB) (cf. § 1.1.)

2.2. Résultats

Les teneurs en tanins des feuilles des espèces représentées par au moins 5 échantillons sont présentées dans le tableau VI.8. Celle des fruits dans le tableau VI.9. Les résultats sont exprimés en gramme d'acide tanique pour 100 grammes de matière sèche.

Tableau VI.8 - Teneur en tanins précipitants de feuilles de fourrages ligneux (en g d'acide tanique pour 100 g de MS) (TP-C-AB)

ESPECE	N	MOY	SD	MIN	MAX
<i>Azelia africana</i>	8	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Boscia senegalensis</i>	14	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Calotropis procera</i>	8	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Capparis decidua</i>	7	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ficus exasperata</i>	5	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gliricidia sepium</i>	8	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	5	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Salvadora persica</i>	9	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sesbania rostrata</i>	7	0.07	0.10	0.00	0.24
<i>Balanites aegyptiaca</i>	12	0.08	0.19	0.00	0.58
<i>Morinda lucida</i>	5	0.12	0.24	0.00	0.60
<i>Cordia sinensis</i>	7	0.16	0.07	0.06	0.27
<i>Acacia senegal</i>	9	0.18	0.43	0.00	1.42
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	8	0.38	0.54	0.00	1.75
<i>Pithecellobium dulce</i>	6	0.41	0.13	0.23	0.62
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	1.08	0.58	0.28	1.62
<i>Spondias mombin</i>	5	1.23	0.29	0.81	1.67
<i>Pterocarpus lucens</i>	6	1.48	0.75	0.77	2.69
<i>Combretum aculeatum</i>	19	1.79	0.71	0.11	3.19
<i>Ficus sycomorus</i>	38	1.97	1.44	0.00	5.02
<i>Hyphaene thebaica</i>	16	2.08	0.45	1.02	2.76
<i>Pencopsis laxiflora</i>	5	2.23	0.45	1.67	2.73
<i>Piliostigma thonningii</i>	7	2.41	1.68	0.00	5.07
<i>Daniella oliveri</i>	9	2.43	2.15	0.36	6.64
<i>Ziziphus mauritiana</i>	22	2.56	1.30	0.66	4.86
<i>Faidherbia albida</i>	8	2.73	1.28	0.40	4.50
<i>Combretum glutinosum</i>	6	2.83	0.86	1.17	3.71
<i>Acacia tortilis</i>	7	3.05	1.40	1.02	4.74
<i>Bauhinia rufescens</i>	6	3.42	1.6	1.00	5.60
<i>Acacia nilotica</i>	10	3.44	0.63	2.46	4.82
<i>Combretum micranthum</i>	5	3.58	3.89	0.81	11.24
<i>Ficus sur</i> forsk	5	3.62	2.01	0.66	6.32
<i>Adansonia digitata</i>	8	4.79	2.22	2.63	9.02
<i>Guiera senegalensis</i>	13	4.81	1.68	0.85	7.03
<i>Combretum nigricans</i>	6	5.53	2.11	2.21	7.64
<i>Parkia biglobosa</i>	6	5.92	3.32	0.52	9.88

Remarque : les résultats relatifs aux 85 autres espèces représentés par moins de 5 échantillons sont disponibles et figurent dans les tables générales de composition des ligneux.

Tableau VI.9 - Teneur en tanins précipitants (TP-C-AB) des fruits de ligneux (en g d'étalon - acide tanique - pour 100 g de MS)

ESPECE	N	MOY	SD	MIN	MAX
Bauhinia rufescens	3	2.93	0.83	1.98	3.44
Pterocarpus erinaceus	2	0.57	0.64	0.11	1.02
Acacia albida	11	0.72	0.34	0.24	1.32
Acacia nilotica	5	6.93	1.07	5.25	8.22
Acacia tortilis	6	1.48	0.96	0.00	2.94
Acacia seyal	2	3.35	0.27	3.16	3.54
Acacia asak	2	2.31	0.20	2.17	2.45

Les teneurs en tanins mesurées dans nos conditions varient de 0 à 11 pour 100 de la matière sèche (tableaux VI.8 et VI.9). Cette variabilité se retrouve à l'intérieur d'une même famille botanique comme en témoignent les exemples des figures VI.6 et VI.7.

Figure VI.6 - Variabilité des teneurs en tanins précipitants (TP-C-AB) des feuilles de *Mimosaceae*

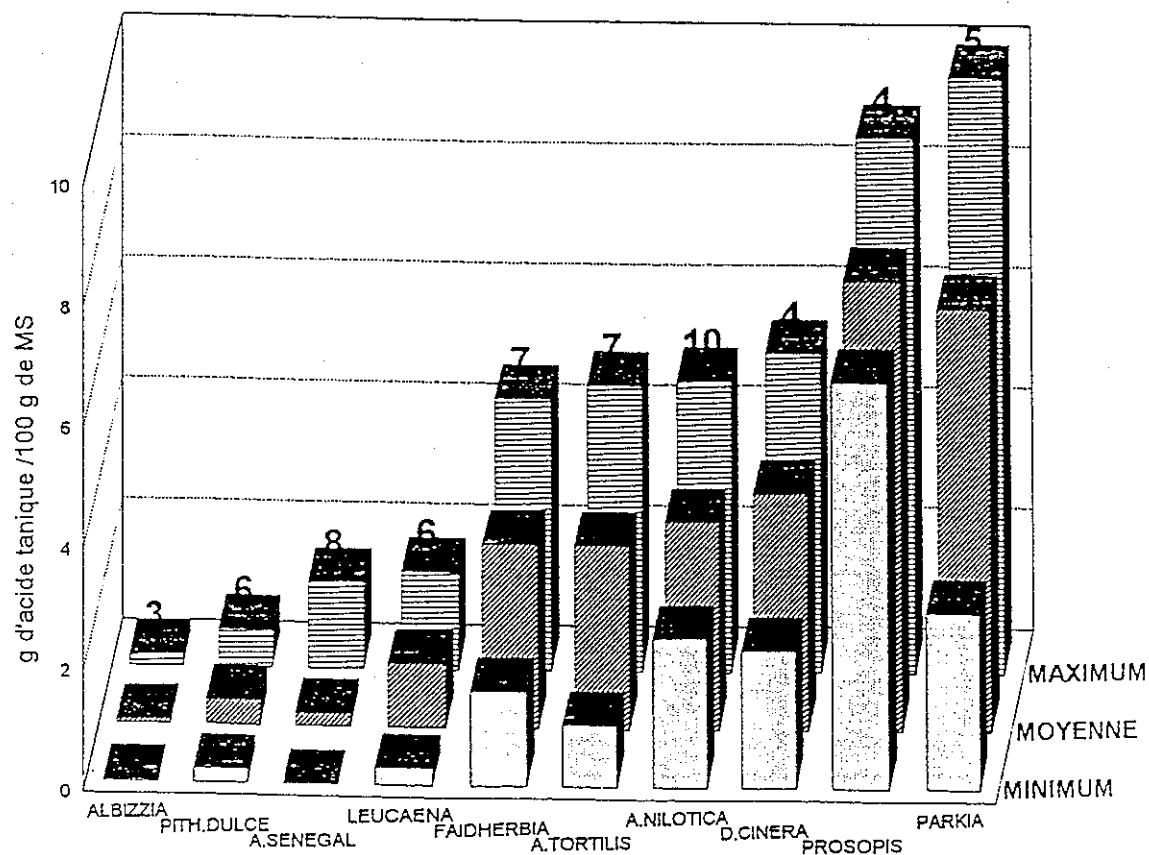
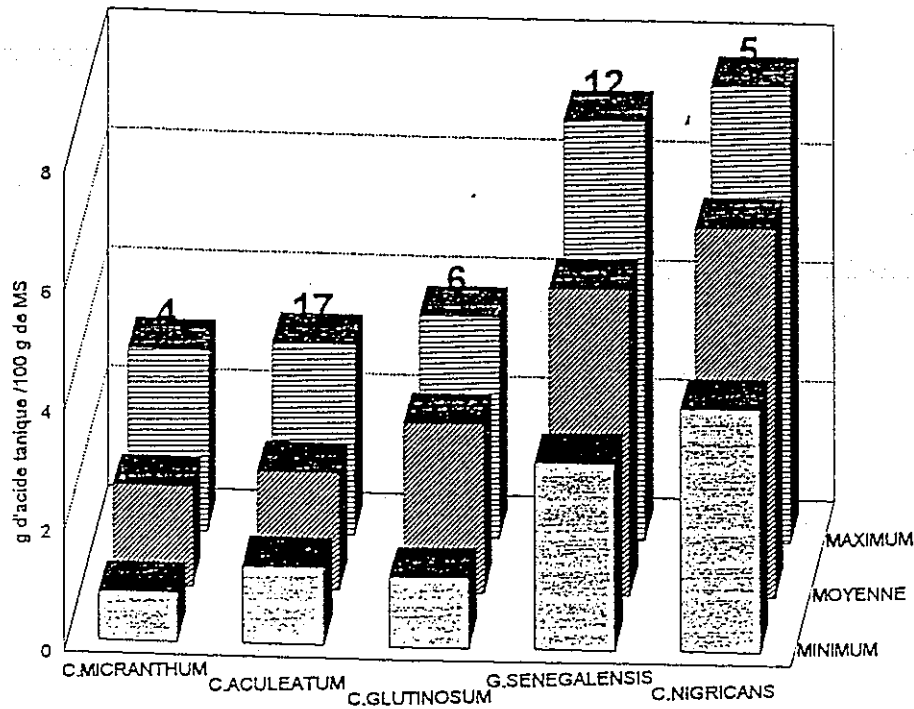


Figure VI.7 - Variabilité des teneurs en tanins précipitants (TP-C-AB) des feuilles de *Combretaceae*



Pour une même espèce, les teneurs en tanins sont fonction de l'organe analysé ; par exemple pour l'espèce *Acacia nilotica* les teneurs en tanins varient de 0,3 à 8,2 selon que les mesures sont faites sur des graines, des fleurs, des tiges, des fruits ou des feuilles (tableau VI.10.)

Tableau VI.10 - Teneur en tanins précipitants (TP-C-AB) d'*Acacia nilotica* en fonction de l'organe (acide tanique en p.100 de MS)

ORGANES	N	MOYENNE	SD	MINIMUM	MAXIMUM
FRUITS	5	6.92	0.95	5.25	8.22
FEUILLES	9	3.39	0.65	2.46	4.82
TIGES	4	2.57	0.87	1.58	3.9
FLEURS	2	2.23	-	2.17	2.29
GRAINES	2	0.44	-	0.31	0.58

Pour un même organe, les teneurs en tanin semblent varier avec le stade phénologique. Pour de nombreuses espèces on remarque une augmentation de la teneur en tanin avec l'âge des feuilles, pour d'autres on constate une diminution des tanins dans les feuilles plus âgées (tableau VI.11)

Tableau VI.11 - Teneur en tanins précipitants (TP-C-AB) en fonction du stade phénologique des feuilles (acide tanique en p.100 de MS ; moyenne de n échantillons)

ESPECE	JEUNES		DEVELOPPEES		VERTES *	
BAUHINIA RUFESCENS			2.8	n=3	4.5	n=2
COMBRETUM ACULEATUM			1.6	n=11	2.3	n=6
COMBRETUM LECARDII	2.9	n=2	10.4	n=1		
COMBRETUM MICRANTHUM	1.2	n=3	7.1	n=2		
COMBRETUM NIGRICANS			7.5	n=2	5.3	n=3
COMBRETUM GLUTINOSUM			3.0	n=3	2.1	n=2
DANIELLIA OLIVERI			5.2	n=3	1.0	n=6
FICUS SUR FORSK	6.3	n=1	5.2	n=1	2.2	n=3
PARKIA BIGLOBOSA			5.8	n=1	8.7	n=3
PILIOSTIGMA THONNINGII	1.6	n=2			3.0	n=3
PTEROCARPUS LUCENS	0.4	n=1	1.4	n=4	2.7	n=1
ACACIA TORTILIS			3,8	n=5	1.2	n=2

* feuilles vertes : feuilles vivantes sans précision de leur stade de développement ou de leur âge

Cette remarque n'est cependant pas générale, pour certaines espèces la variabilité pour un même organe au même stade phénologique est plus importante que la variabilité liée au stade phénologique lui-même. Seul un nombre suffisant d'échantillons peut permettre de confirmer cette variabilité comme par exemple pour les feuilles de *Ficus sycomorus* (tableau VI.12)

Tableau VI.12 - Teneur en tanins précipitants (TP-C-AP) des feuilles de *Ficus sycomorus* en fonction de leur stade phénologique (acide tanique en p.100 de MS)

FEUILLES	MOYENNE	SD	MINIMUM	MAXIMUM	N
JEUNES	2.98	0.39	2.59	3.38	2
DEVELOPPEES	1,89	1,34	0	4,76	11
VERTES	0.67	0.47	0.	1.30	6

Toutes ces feuilles proviennent d'un même pays, le Cameroun.

Nous avons aussi constaté pour cette espèce une différence des teneurs en tanin des feuilles suivant l'origine géographique (tableau VI.13).

Tableau VI.13 - Teneur en tanins précipitants (TP-C-AB) des feuilles vertes de *Ficus sycomorus* suivant l'origine géographique (acide tanique en p.100 de MS)

PAYS	MOYENNE	SD	MINIMUM	MAXIMUM	N
CAMEROUN	0.67	0.47	0.0	1.3	6
COTE D'IVOIRE	3.43	1.13	1.89	5.0	9

Il s'avère que les *Ficus sycomorus* de Côte d'Ivoire sont identifiés comme appartenant à la variété *gnaphalocarpa*, ce qui n'est pas le cas de ceux du Cameroun.

Ces différents facteurs de variation montrent à quel point il est difficile d'attribuer une teneur moyenne en tanin à une espèce. La comparaison des résultats avec ceux de la bibliographie nécessite une description très précise de l'origine des échantillons et des méthodes d'analyses. Ces informations étant rarement réunies seule une hiérarchisation comparative peut être faite. Le tableau VI.14 présente les teneurs de quelques espèces relevées dans la bibliographie et déterminées par nous-mêmes.

Tableau VI.14 - Teneur en tanins précipitants des feuilles et fruits de quelques espèces ligneuses

FEUILLES	AUTEURS	TECHNIQUE	TENEUR EN P.100
GLIRICIDIA SEPIUM	ONWUKA (1992)	TC-C-V	0.0
	LIM (1992)	TC-C-V	0.1
	D'MELLO (1992)	TC-C-V	0.0
	ASH (1990)	TC-C-V	2.0
	AHN et al (1989)	TC-C-Bu	0.0
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	0.0
LEUCAENA LEUCOCEPHALA	LOHAN et al (1980)	AOAC	1.9
	D'MELLO (1992)	TC-C-V	3.7
	LIM (1992)	TC-C-V	3.1
	AHN et al (1989)	TC-C-Bu	1.4
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	1.1
ZIZIPHUS MAURITIANA	LOHAN et al (1980)	AOAC	2.3
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	2.6
ALCHORNEA CORDIFOLIA	ONWUKA (1992)	TC-C-V	1.3
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	2.5
SPONDIAS MOMBIN	ONWUKA (1992)	TC-C-V	0.2
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	1.2
CALLIENDRA CALOTHYRSUS	D'MELLO (1992)	TC-C-V	7.9
	LIM (1992)	TC-C-V	4.4
	AHN et al (1989)	TC-C-Bu	1.5
	GRILLET (1992)	TP-C-AB	2.5

FRUITS D'ACACIA	TANNER et al 1990 TC-C-Bu en DO/NDF	GRILLET 1992 TP-C-AB en p.100
ALBIDA	27	0.7
TORTILIS	32	1.5
NILOTICA	89	6.9

3. EFFETS DES TANINS SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX

3.1. Rappels bibliographiques

3.1.1. Effet des tanins sur l'ingestion

Les fortes teneurs en tanins diminuent l'appétibilité et l'ingestion des fourrages ligneux par un phénomène d'astringence au niveau de la bouche (Goldstein *et al.* 1963, Bate-Smith 1973). Pour les espèces à teneurs moyennes, l'effet est controversé, certaines espèces améliorent la consommation de fourrages grossiers (Woodward *et al.* 1989, Reed *et al.* 1990, Gobi 1993, Cordesse, communication personnelle), d'autres provoquent une diminution de l'ingestion de ces fourrages (Tanner 1988, Reed *et al.* 1990).

L'effet n'est pas le même selon l'espèce animale considérée, les chèvres seraient moins sensibles aux fortes teneurs en tanins que les moutons ou les bovins. Cette différence pourrait être liée à la présence chez les caprins d'une protéine salivaire riche en proline qui présente une forte affinité pour les tanins (Mehansho 1987, Robbins *et al.* 1987, Burritt *et al.* 1987, Austin *et al.* 1989, D'Mello 1992).

Reed *et al.* (1990) mentionnent aussi une adaptation des moutons à la consommation d'*Acacia seyal* espèce riche en phénols.

3.1.2. Effet sur la digestibilité de la fraction fibreuse

Par fixation des enzymes bactériennes et/ou formation de complexes avec les glucides pariétaux, les tanins peuvent réduire la digestibilité de la fraction fibreuse des parois cellulaires (Barry *et al.* 1984, Barry *et al.* 1986, Reed 1986, Mueller-Harvey 1987). L'interférence des tanins avec les fractions fibreuses rend difficile, dans le cas des fourrages ligneux, la détermination de la valeur nutritive à partir de critères chimiques comme elle est habituellement pratiquée pour d'autres fourrages (Woodward *et al.* 1989).

3.1.3. Effet sur la digestibilité de l'azote

Du fait de leur propriété de former des complexes avec les protéines, les tanins affectent surtout le métabolisme azoté de l'animal (Woodward *et al.* 1989).

Dans le milieu neutre du rumen certains tanins pourraient se lier aux protéines et exercer ainsi un effet protecteur. Le complexe tanin-protéine se dissocierait au niveau de la caillette ($\text{pH} < 5$) libérant ainsi les protéines qui seraient alors assimilées au niveau de l'intestin. Seuls les tanins hydrolysables pourraient se dissocier par hydrolyse des liaisons estériques par l'acide gastrique (Driedger *et al.* Haslam 1966) ; la structure diphenyle (Haslam 1966) des proanthocyanidines (tanins condensés) rendrait difficile leur hydrolyse en milieu acide (Zelter *et al.* 1970) : les complexes tanins-protéines n'étant pas dissociés, les protéines non libérées ne sont donc pas assimilées.

Cette formation de complexes tanins-protéines entraîne une réduction de la digestibilité de l'azote. Elle se traduit chez l'animal par une augmentation de l'azote excrété dans les fèces et par une baisse du taux de fermentation ruminale d'où une baisse des pertes urinaires. En résumé, les tanins hydrolysables entraîneraient une baisse de la digestion ruminale et

des pertes urinaires d'azote, mais un accroissement de la proportion d'azote alimentaire digéré dans l'intestin, en revanche, les tanins condensés provoqueraient aussi une diminution de la digestion microbienne mais sans compensation au niveau de l'intestin. En accord avec les travaux de Nastis *et al.* (1981), Woodward (1988), Numez-Hernandez *et al.* (1989), Reed *et al.* (1990), Tanner *et al.* (1990), Coppock *et al.* (1992) font remarquer que les fourrages possédant des teneurs moyennes en tanins sont des sources de protéines intéressantes tant que l'effet négatif des tanins sur l'augmentation de l'azote fécal est inférieur à leur effet positif sur la réduction des pertes urinaires d'azote.

Pour les fourrages riches en tanins, la diminution de la rétention azotée est plus due à une diminution de l'ingestion qu'à une influence sur la digestibilité de l'azote (Holechek *et al.* 1990).

3.2. Etude expérimentale

Les teneurs en tanins ont été déterminées en priorité sur des échantillons dont la valeur nutritive a été étudiée par des méthodes *in vivo*, *in sacco* ou *in vitro* (technique du gastest cf. chapitre). Les mêmes échantillons furent aussi l'objet de mesures de dégradabilité enzymatique de la matière sèche (SMS) ou de la matière organique (SMO) par la pepsine cellulase et des matières azotées par la pronase (dMAprol) (tableau VI.15).

Les coefficients de corrélation entre les teneurs en tanins précipitants et les dégradabilités théoriques de la matière sèche ou des matières azotées sont négatifs mais non significatifs. A noter que les effectifs sont faibles. La liaison est plus étroite avec les mesures de digestibilités *in vivo* et avec celles *in vitro* (production de gaz - GP - par le gastest de Hohenheim). En revanche, la teneur en tanins explique peu les variations de dégradabilités enzymatiques de la matière organique ou des matières azotées (tableau VI.15).

Tableau VI.15 - Corrélations entre les différentes mesures de dégradabilité et les teneurs en tanins précipitants

	IN SACCO		IN VIVO		GATEST	SMS	NPRO
	DT MAT	DTMS	DMS	DMO			
N	22	9	32	29	345	347	438
TP-C-AB	-0,240	-0,448	-0,409	-0,436	-0,420	-0,282	-0,162

Valeurs en gras p < 0.05

DTMA : dégradabilité théorique de la matière azotée *in sacco* (p.100).

DTMS : dégradabilité théorique de la matière sèche *in sacco* (p.100).

DMS et DMO : digestibilité de la matière sèche et de la matière organique *in vivo* (p.100).

GP : production de gaz *in vitro* par le gastest de Hohenheim.

SMS : dégradabilité enzymatique de la matière sèche par la pepsine cellulase (p.100 de MS).

dMAprol : dégradabilité enzymatique de la matière azotée par la pronase (p.100 de MAT).

L'étude des corrélations avec les teneurs en proanthocyanidines (dosées par le butanol HCl) donne des résultats similaires tableau VI.16)

Tableau VI.16 - Corrélations entre les teneurs en tanins précipitants et en proanthocyanidines (tanins condensés) et les mesures de dégradabilité enzymatique et *in vitro*

	GATEST	SMS	NPRO
TP-C-AB	-0.427	-0.446	-0.326
TC-C-Bu	-0.354	-0.391	-0.364
N	94	87	116

valeur en gras $p < 0.01$

TC-C-Bu : proanthocyanidines dosées par le butanol HCl

TP-C-AB : tanin précipitant l'albumine bovine

Les résultats présentés aux tableaux VI.15 et VI.16 montrent que globalement les espèces les plus riches en tanins sont les moins digestibles mais ils ne permettent pas de conclure à un effet direct et automatique : en effet, les coefficients de corrélation intra-espèce entre les teneurs en tanins et les paramètres de digestibilité sont, soit non significatifs, soit positifs, soit négatifs (tableau VI.17).

Pour certaines espèces (par exemple, *Ziziphus mauritiana*) les corrélations sont opposées selon le stade phénologique des échantillons, pour d'autres espèces (par exemple, *Acacia tortilis*) la corrélation est opposée selon le critère de digestibilité étudié.

Tableau VI.17 - Corrélation entre les différentes mesures de dégradabilité et les teneurs en tanins : corrélation significative pour $p < 0.05$

CORRELATION	POSITIVE	NÉGATIVE
TP-C-AB/GATEST	Acacia tortilis (7) Pithecellobium dulce (4)	Ficus sycomorus (11) Hyphaene thebaica (15) Pterocarpus erinaceus (6) Ziziphus mauritiana (5) F A Daniellia oliveri (8)
TP-C-AB/SMS	Acacia tortilis (4) Parkia biglobosa (6) Ziziphus mauritiana (11) F V	Acacia nilotica (8) Daniellia oliveri (7) Pericopsis laxiflora (5)
TP-C-AB/NPRO	Guiera senegalensis (13) Bauhinia rufescens (4) Ziziphus mauritiana (11) FV	Faidherbia albida (9) Acacia tortilis (7)

SMS : dégradabilité de la matière sèche par la pepsine-cellulase.

NPRO : dégradabilité de la matière azotée par la pronase.

FV : feuilles vertes ; FA : feuilles âgées.

entre parenthèses : nombre d'échantillons.

Cette incohérence dans les résultats a été constatée par de très nombreux auteurs étudiant l'effet des tanins sur la digestibilité des ligneux (Lohan *et al.* 1983, Nastis *et al.* 1981, Kumar *et al.* 1984, Ahn *et al.* 1989, Nunez-Hernandez *et al.* 1989, Woodward *et al.* 1989, Holechek *et al.* 1990, Ash 1990, Reed *et al.* 1990, Coppock *et al.* 1992). Il ressort de toute cette littérature que la variabilité de l'effet des tanins est plus liée à la nature des tanins (tanins hydrolysables ou tanins condensés (proanthocyanidines)) et plus à leur concentration relative qu'à leur teneur totale (Woodward 1989), mais il n'a pas encore été possible d'attribuer des effets nutritionnels précis aux différents composés phénoliques. La concentration relative des tanins solubles et des tanins insolubles est variable au sein même d'une même espèce, elle varie en fonction de la saison (Woodward 1988), du site (Le Houérou 1980) du stockage (Rittner 1987) de l'organe (Tanner 1988) ce qui accentue la difficulté de prédire la valeur nutritive des fourrages ligneux sur la base de leur analyse chimique.

CONCLUSION

Cette étude sur les tanins des fourrages ligneux d'Afrique tropicale a été motivée par le souci d'expliquer, voir prédire, les variations de leur digestibilité en particulier celle de leurs matières azotées.

Les connaissances sur la nature chimique des tanins et leurs effets nutritionnels n'ont pas permis en début de programme de donner la priorité aux phénols totaux ou à leurs principales fractions, hydrolysables ou condensées : il était alors admis que, faute de pouvoir quantifier les effets antinutritionnels de ces fractions, il était nécessaire de procéder, de façon complémentaire, à leurs déterminations respectives ; l'opinion générale a peu varié sur ce point.

Dans un premier temps, les efforts ont cependant été concentrés sur la mise au point de techniques répétables en s'attachant à définir des méthodes standardisées de conditionnement des échantillons et d'extraction des tanins. Des essais préliminaires, inspirés de la bibliographie, ont produit les mêmes conclusions, en particulier, celles relatives au séchage : le séchage à l'étuve, à l'air ou par lyophilisation entraîne une diminution des concentrations de toutes les fractions de tanins étudiées mais les variations sont fonction de l'espèce ; toutefois, quelle que soit la technique de séchage les hiérarchies entre espèces sont conservées. Compte tenu des difficultés de transport et de conservation d'échantillons frais, il a donc été retenu de travailler avec des échantillons séchés à l'air ; Zimmer (1993) qui s'intéresse aux effets nutritionnels et métaboliques des tanins, des ligneux méditerranéens, aboutit également à la conclusion que l'on peut s'accommoder des variations de teneurs et d'effets biologiques liées au mode opératoire (séchage et broyage des échantillons, extraction des tanins), mais qu'il est indispensable de standardiser ceux-ci pour autoriser des comparaisons entre échantillons.

Néanmoins, compte tenu du grand nombre d'espèces dont il était souhaité une première connaissance qualitative, du temps nécessaire à la réalisation de plusieurs dosages par échantillon, des liaisons relativement étroites entre les résultats obtenus par les différentes méthodes de détermination des tanins totaux et de leur fraction, il a été retenu dans un premier temps de hiérarchiser les espèces suivant le principal effet biologique de leurs tanins, à savoir l'effet précipitant des protéines. L'examen des relations entre les mesures de valeurs nutritives (enzymatiques, *in vitro*,

in sacco et *in vivo*) et le pouvoir précipitant des tanins (tableau VI.16) se sont d'ailleurs avérées plus étroites que celles calculées avec les teneurs en tanins condensés considérés comme étant la fraction ayant le plus fort effet antinutritionnel (§ 3.1.3.).

Ces investigations sur 124 espèces de ligneux d'Afrique subsaharienne viennent donc compléter les travaux antérieurs (Rittner et Reed 1992, pour les plus récents) : les travaux menés jusqu'ici permettent de classer les espèces suivant les teneurs et d'établir des relations entre paramètres analytiques (fractions de tanins caractérisées par leur type chimique ; leur liaison avec les parois ou les matières azotées, leur dégradabilité enzymatique ou *in vitro*, etc.) mais ils ne suffisent pas encore à expliquer à eux seuls, de façon suffisamment fiable, pour des objectifs zootechniques ou d'aménagement agroforestier, les variations de valeur alimentaire (appétibilité, valeur énergétique, valeur azotée, site de digestion des protéines). La faiblesse de ces approches tient aussi au fait que, sauf pour les espèces sans tanins, les hiérarchies qui sont établies dépendent partiellement des méthodes de dosages retenues.

Il est nécessaire pour mieux cerner les effets zootechniques des tanins de procéder sur quelques espèces, choisies d'après leur importance pour l'élevage, à des expérimentations complètes comprenant à la fois :

- des déterminations détaillées des fractions phénoliques, par des méthodes chimiques : colorimétriques, gravimétriques, etc., sélectionnées en concertation avec d'autres équipes ;
- des méthodes physiques, HPLC en particulier, cette technique permettant de différencier les espèces par une estimation des concentrations relatives des différentes molécules appartenant à un même groupe de phénols (tanins condensés et hydrolysables préférentiellement), ce que ne permettent pas les méthodes de laboratoire usuelles. L'HPLC semble constituer un préalable indispensable à des tentatives de prédictions par les méthodes rapides telles que le SPIR (cf. chapitre VIII) ;
- des mesures des effets biologiques au laboratoire : pouvoir précipitant par une ou plusieurs méthodes retenues également de façon concertée ;
- des analyses détaillées des fractions pariétales et azotées qui interagissent avec les tanins sur la valeur nutritive ;
- des mesures enzymatiques et "*in vitro*" de la dégradabilité de la matière organique et des matières azotées. S'il est admis que ces mesures ne permettent pas d'intégrer l'ensemble des facteurs de variations de la valeur nutritive, notamment les interactions entre aliments ou la digestibilité intestinale, elles ont l'avantage de la répétabilité et, même pour les fourrages ligneux, ont fait la preuve de leur robustesse pour hiérarchiser les espèces, les organes et, dans certains cas, les stades de développement ;
- des mesures "*in situ, in sacco*" de la digestion de la matière organique, des parois et des matières azotées : ces mesures peuvent concerner, soit un aliment standard sans tanins mis en présence de rations comportant des proportions croissantes de ligneux, dont on étudiera les effets sur les autres constituants des rations, soit le ligneux lui-même. L'idéal serait de pouvoir effectuer ces mesures au niveau des différents compartiments du tube digestif comme dans les travaux de Fall Touré *et al.* 1994 (cf. chapitre IX).

- des mesures *in vivo*, des bilans azotés et des essais d'alimentation avec les mêmes rations. Des différences ayant été mises en évidence entre espèces animales, un protocole complet devrait au minimum intégrer des ovins et des caprins et, si possible, une espèce brouteuse de faune sauvage.

Une des difficultés pour mener des études complètes, telle que celle proposée ci-dessus, sur les fourrages ligneux tropicaux est l'approvisionnement régulier en ligneux en quantité suffisante, de qualité constante et dans une forme comparable à celle consommée par le cheptel : les gousses de *mimosaceae*, en particulier celles d'Acacias sahélo-soudaniens, qui contiennent suivant l'espèce entre 1 et 7 p.100 de tanins précipitants, remplissent ces conditions ; de plus, elles ont l'intérêt de jouer un rôle important dans l'alimentation du cheptel tant au pâturage que par les récoltes et le commerce qu'elles suscitent dans certains pays.

Une autre difficulté concerne les variations intra-espèce des teneurs en tanins et de leurs conséquences sur la valeur nutritive. Les quelques prélèvements guidés par les cycles phénologiques et les conditions pédoclimatiques ont conduit à des observations contradictoires d'une espèce à l'autre quant aux variations corrélatives des teneurs en tanins et celles des paramètres de digestibilité. Il est donc nécessaire, pour quelques espèces réputées fourragères, dont la composition varie significativement au cours du cycle de végétation (*Ziziphus mauritiana*,...) ou suivant l'origine géographique (*Ficus gnaphalocarpa*,...), de renouveler un échantillonnage systématique sur des organes précisément définis. Il n'est pas envisageable dans ce cas de procéder, comme avec les gousses, à des investigations complètes comprenant des mesures *in vivo*, mais l'ensemble des analyses de laboratoires évoquées précédemment sont applicables.

BIBLIOGRAPHIE

- ASH A. J. 1990 - The effect of supplementation with leaves from leguminous trees *Sesbania grandiflora*, *Albizia chinensis* and *Gliricidia sepium* on the intake and digestibility of Guinea grass hay by goats. Anim. Feed Sci. Technol. 28 : 225-232.
- AUSTIN P.J., SUCHAR L.A., ROBBINS C.T., HAGERMAN A.E. 1989 - Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle; J. Chem. Ecol. 15 : 1335-1347.
- BARRY T.N., DUNCAN S. J. 1984 - The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2 - Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. Br. J. Nutr. 51 : 493-504.
- BARRY T. N. , DUNCAN S. J. 1984 - The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 1 - Voluntary intake. Br. J. Nutr. 51 : 485-491.
- BARRY T. N., MANLEY T.R. 1986 - Interrelationships between the concentrations of total condensed tannins, free condensed tannins and lignin in *Lotus* sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. J. Sci. Agric. 37 : 248-254.
- BATE-SMITH E.C., SWAIN T. 1962 - Flavonoid compounds. In: Comparative Biochemistry. Vol. II . Eds M. Florkin and H.S. Mason. Academic Press New-York. 755-809.
- BATE-SMITH E.C. 1973 - Haemanalysis of tannin: the concept of relative astringency. Phytochemistry, 12 : 907-912.
- BERNAYS E.A., COOPER-DRIVER G., BILGENER M. 1989 - Herbivores and plant tannins. Adv. ecol. Res. 19 : 263-303.
- BRUN N., CHEVALIER F. 1987 - Tannins et plantes destinées à la fabrication de tourteaux. Mémoire, Université Claude Bernard Lyon I. Novembre 1987.
- BRYANT J.P., CLAUSEN T.P., REICHARDT P.B., Mc CARTHY M.C., WERNER R.A. 1987. - Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* (Walker)). Oecologia. 73 : 513-517.
- BURRITT E.A., MALECZEK J.C., PROVENZA F.D. 1987 Changes in concentrations of tannins, total phenolics, crude protein and in vitro digestibility of browse due to mastication and insalivation by cattle. J. Range Mgmt. 40 (5) : 409-411.
- CARRERA G.S., MITJAVILA R., DERACHE R. 1973 - Effect of tannic acid on the digestive availability of vitamin B12 in the rat. Annls Nutr. Alim. 27 : 73-82.
- COLEY P.D. 1983 - Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. Ecological Monographs. 53 : 209-233.

- COLEY P.D., BRYANT J. P., CHAPIN S. 1985 - Resource availability and plant antiherbivore defense. *Sci.* 230 : 895-899.
- COPPOCK D.L., REED J.D. 1992 - Cultivated and native browse legumes as calf supplements in Ethiopia. *J. Range Mgmt.* 45 : 231-238.
- D'MELLO J.P.F. 1992 - Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38 : 237-261.
- DAWRA R.K., MAKKAR H.P.S., SINGH B. 1988 - Protein-binding capacity of microquantities of tannins. *Analytical Biochemistry* 170 : 50-53.
- DESHPANDE S.S., CHERYAN M., SALUNKHE D.K. 1986 - Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 24 (4) : 401-449.
- DESHPANDE S.S., CHERYAN M. 1987 - Determination of phenolic compounds of dry beans using vanillin, redox and precipitation assays. *J. Food Sci.* 332-334.
- DIAGAYETE M., HUSS W. 1982 - Tannin contents of african pasture plants: their effects on analytical data and in vitro digestibility. *Anim. Res. Devel.* 15 : 79-90.
- DRIEDGER A., HATFIELD E.E. 1972 - Influence of tannins of the nutritive value of soybean for ruminants. *J. Anim. Sci.* 34 : 465-468.
- FALL TOURE S., MICHALET DOREAU B., PONCET C. 1994 - Post-ruminal degradation of nitrogen in tropical browse plants compared to lucerne hay. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 3 : 60.
- GOBI, 1993 - Gestion d'un parcours de suberaie emmaquisée par des chèvres laitières. Comment concilier les exigences métaboliques des animaux avec les contraintes d'entretien du milieu. Thèse de doctorat de l'Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. 134 p.
- GOLDSTEIN J.L., SWAIN T. 1963 - Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry.* 2 : 371-383.
- GRILLET C. 1992 - Dosages des tanins dans les fourrages ligneux : mises au point de techniques. Rapport préliminaire. Juillet 1992. CIRAD-EMVT. 16 pages.
- GRILLET C. 1992 - Dosages des tanins précipitants des fourrages ligneux. Rapport d'activité 1992. CIRAD-EMVT. 10 pages.
- GRILLET C. 1993 - Visit at NRI - Livestock production 19 april-14 may 1993. Chatham maritime. 9 p.
- GUPTA R.K., HASLAM E. 1979 - Vegetable tannins: structure and biosynthesis, in Polyphenols in Cereals and legumes. Ed Hulse J.H., International Development Research Center, Ottawa, Canada. pages 15-24.
- HAGERMAN A.E., BUTLER L.G. 1978 - Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food Chem.* 26 (4) : 809-812.

- HAGERMAN A.E. 1987 - Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts. *J. Chemical Ecology* 13 (3) : 437-449.
- HAHN D.H., ROONEY L.W., EARP C.F. 1984 - Tannin and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*. 29 : 776-779.
- HARTLEY R.D. 1981 - Chemical constitution, properties and processing of lignocellulosic wastes in relation to nutritional quality for animals. *Agric. Environ.* 6 : 91-113.
- HASLAM E. 1966 - Chemistry of vegetable tannins. Academic Press, London. P. 179.
- HO AHN J., ROBERTSON B.M., ELLIOTT R. GUTTERIDGE R.C., FORD C.W. 1989 - Quality assessment of tropical browse legumes: tannin content and protein degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 27 (1-2) : 147-156.
- HOLECHEK J.L., MUNSHIKPU A.V., SAIWANA L., NUNEZ-HERNANDEZ G., VALDEZ R., WALLACE J.D., CARDENAS M. 1990 - Influences of six shrub diets varying in phenol content on intake and nitrogen retention by goats. *Trop. grasslands*. 24 (2) : 93-98.
- KUHLE S., EBMEIER C. 1981 - Untersuchungen zum tanningehalt in ackerbohnen. 1- Methodische untersuchungen zur bestimmung der kondensierten tannine in ackerbohnen. *Arch. Tierern.* 32 : 277-285.
- KUMAR R., SINGH M. 1984 - Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food Chem.* 32 : 447-453.
- LE HOUEROU H.N. 1980 - Les fourrages ligneux en Afrique du Nord. In: Les fourrages ligneux en Afrique : état actuel des connaissances. Publié sous la direction de H.N. Le Houérou. Communication présentée au colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis-Ababa 8-12 avril 1980. CIPEA , Addis-Ababa, Ethiopie. P. 57-84.
- LEINMÜLLER E. 1989 - Wirkungen tanninhaltiger futtermittel auf den protein und kohlenhydratstoffwechsel in pansensaft in vitro. Thèse de l'Université de Hohenheim. Octobre 1989. 160 p.
- LEINMÜLLER E., STEINGASS H., MENKE K.H. 1991 - Tannins in ruminant feedstuffs. *Anim. Res. Dev.* 33 : 9-62.
- LIM F. 1992 - Tannin content in some animal feedsuffs. *Proc. 15th MSPA Ann. Conf. MARDI* : 87-89.
- LOHAN O.P., LALL D., NEGI S.S. 1983 - Partitioning of total tannins in some tree fodders in condensed and hydrolysable forms. *Indian J. Anim. Sci.* 53 : 1333-1335.
- MAKKAR H.P.S. 1989 - Protein precipitation methods for quantitation of tannins: a review. *J. Agric. Food Chem.* 37 : 1197-1202.
- MARIGO G. 1973 - Sur une méthode de fractionnement et d'estimation des composés phénoliques chez les végétaux. *Analisis*, 2 (2) : 106-110.

- MASQUELIER J., MICHAUD J., BRONNUN-HANSEN K. 1979 - Recherche et dosage des oligomères flavanoliques dans les aliments d'origine végétale. Compte rendu de l'Assemblée générale annuelle du groupe polyphénols. Logrono, Espagne 2-4 mai 1979.
- Mc LEOD M.N. 1974 - Plant tannins in forage quality. *Nutr. Abst. Rev.* 44 : 803-812.
- MEHANSHO H., BUTLER L.G., CARLSON D.M. 1987 - Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interaction, induction and defense mechanisms. *Ann. Rev. Nutr.* 7 : 423-440.
- MOLE S., WATERMAN P.G. 1987 - A critical analysis of techniques for measuring tannins in ecological studies. *Oecologia (Berlin)* 72 : 137-156.
- MOLE S., ROSS J.A.M., WATERMAN R.G. 1988 - Light-induced variation in phenolic levels in foliage of rain-forest plants. 1 Chemical changes. *J. Chem. Ecol.* 14 : 1-21.
- MUELLER-HARVEY I., Mc ALLAN A.B., THEODOROU M.K., BEEVER D.E. 1987 - Phenolics in fibrous crop residues and plants and their effects on the digestion and utilisation of carbohydrates and proteins in ruminants. In plant breeding and the nutritive value of crop residues. Proceedings of a workshop held at ILCA Addis-Ababa, Ethiopia. 7-10 December 1987. Edited by Reed J.D., Capper B.S., Neate P.J.H. P. 97-132.
- NASTIS A.S., MALECZEK J.C. 1981 - Digestion and utilization of nutrients in oak browse by goats. *J. Anim. Sci.* 53 : 283-290.
- NUNEZ-HERNANDEZ G., HOLECHEK J. L., WALLACE J.D., GALYEAN M.L., TEMBO A., VALDEZ R., CARDENAS M. 1989 - Influence of native shrubs on nutritional status of goats: Nitrogen retention. *J. Range Mgmt.* 39 : 5-7.
- ONWUKA C.F.I. 1992 - Tannin and saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 69 (2) : 176-180.
- PRICE M.L., BUTLER L.G. 1977 - Rapid visual estimation and spectrometric determination of tannin content of sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 25 : 1268-1273.
- PRICE M.L., VAN SCOYOC S., BUTLER L.G. 1978 - A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 1214.
- RAO P.U., DEOSTHALE Y.G. 1988 - In vitro availability of iron and zinc in white and coloured ragi (*Eleusine coracana*): role of tannin and phytate. *Plant Foods for Human Nutr.* 38 : 35-41.
- REDDY N.R., PIERSON M.D., SATHE S.K., SALUNKHE D.K. 1985 - Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 62 : 541-549.
- REED J.D. 1986 - Relationships among soluble phenolics, insoluble proanthocyanidins and fiber in east african browse species. *J. of Range Management* 39 (1): 5-7.

- REED J.D., HORVATH P.J., ALLEN M.S. Van SOEST P.J. 1985 - Gravimetric determination of soluble phenolics including tannins from leaves by precipitation with trivalent ytterbium. *J. Sci. Fd. Agric.* 36 : 255-261.
- REED J.D., SOLLER H., WOODWARD A. 1990 - Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30 (1-2) : 39-50.
- RIBEREAU-GAYON 1968 - Les composés phénoliques des végétaux. Dunod éd., Paris.
- RICKARD J.E. 1986 - Tanin levels in Cassava, a comparison of method of analysis. *J. Sci. Fd. Agric.* 37 : 37-42 .
- RITTNER U. 1987 - Polyphenolic compounds including tannins in Ethiopian browse species and their biological effects when fed to small ruminants. Mémoire de maîtrise, Université de Hohenheim, Stuttgart (A). 64 p.
- RITTNER U. and REED J.D. 1992 - Phenolics and *In vitro* Degradability of Protein and Fibre in West African Browse. *J. Sci. Food Agric.*, 58 : 21-28.
- ROBBINS C.T., MOLE S., HAGERMAN A.E., HANLEY T.A. 1987 - Role of tannins in defending plants against ruminants. Reduction in dry matter digestion ? *Ecology*. 68 : 1606-1615.
- SCALBERT A., MONTIES B., JANIN G. 1987 - Comparaison de méthodes de dosage des tanins: application à des bois de différentes espèces. 2e colloque Sciences et Industries du bois, tome II, thèmes 3, 4 et 5.
- SINGLETON V.L. 1981 - Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv. Food Res.* 27 : 149-242.
- SWAIN T. 1965 - The tannins, in plant biochemistry. p 552. Bonner J. and Varner E. V. Ed., Academic Press, New York.
- TANNER J.C. 1988 - Acacia fruit supplementation of maize stover diets fed to sheep. Mémoire de maîtrise, Université de Reading, (R.U.). 66 p.
- TANNER J.C., REED J. D., OWENS E. 1990 - The nutritive value of fruits (pods with seeds) from four Acacia species compared with extracted noug (*Guizotia abyssinica*) meal as supplements to maize stover for Ethiopian highland sheep. *Anim. Prod.* 51 : 127-133.
- TERRILL T.H., WINDHAM W.R., HOVELAND C.S., AMOS H.E. 1989 - Forage preservation method influences on tannin concentration, uptake and digestibility of *Sericea lespedeza* by sheep. *Agron. J.* 81 (3) : 435-439.
- TERRILL T.H., WINDHAM W.R., EVANS J.J., HOVELAND C.S. 1990 - Condensed tannin concentration in *Sericea lespedeza* as influenced by preservation method. *In: Crop Sci.* 30 : 219-224.
- VILLENEUVE F. 1991 - Rapport préliminaire sur le dosage des tanins. CIRAD-CTFT. Mars 1991. Projet CEE-DGXII-ST2/215. 8 p.

VILLENEUVE F. 1991 - Dosage des tanins dans les fourrages ligneux. Rapport d'activité 1991 CIRAD-CTFT. Projet CEE-DGXII-ST2/215. 26 p.

WATERMAN P.G., MBI C.N., MC KEY D.B., GARTLAN J.S. 1980 - African rain forest vegetation and rumen microbes: phenolic compounds and nutrients as correlates of digestibility. *Oecologia* (Berlin). 47 : 22-33.

WATERMAN P., MOLE S. 1989 - Factors influencing the shikimate pathway in plants. Ed. E.A. Bernays CRC Press, Boca Raton, Florida. in *Focus on plant insect interactions* Vol. 1.

WOODWARD A. 1988 - Chemical composition of browse in relation to relative consumption of species and nitrogen metabolism of livestock in southern Ethiopia. Thèse de Doctorat, Cornell University, Ithaca, New York (USA). 195 p.

WOODWARD A., REED J.D. 1989 - Influence des substances polyphénoliques sur la valeur nutritive des fourrages ligneux : synthèse des recherches menées par le CIPEA. *Bulletin du CIPEA* 35 : 2-13.

ZELTER S.Z., LEROY F., TISSIER J. P. 1970 - Protection des protéines alimentaires contre les bactéries dans le rumen. *Annls Biol. anim., Biochim., Biophys.*, 10 : 111-122.

ZIMMER Nicole. 1993 - Dosage des polyphénols. Communication à la réunion du groupe "Evaluation des ressources fourragères locales dans les régions méditerranéennes". Contrat no.8001-CT.900022. Thessalonique, Grèce, 27-29 septembre 1993 : 15 p.

Communications personnelles : René CORDESSE - Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier - membre d'un groupe de travail international sur les tanins "groupe Polyphenols".

K A P I T E L VII

IN VITRO UNTERSUCHUNGEN ZUR ERMITTLUNG DER VERDAULICHKEIT,
DES GEHALTES AN UMSETZBARER ENERGIE UND DER
PROTEINVERFUGBARKEIT BEI TROPISCHEN FUTTERBAUMEN UND BUSCHEN

CHAPTER VII

IN VITRO STUDIES FOR THE PREDICTION OF DIGESTIBILITY,
METABOLISABLE ENERGY CONTENT AND PROTEIN FERMENTABILITY
OF SHRUB AND TREE FODDERS

C H A P I T R E VII

MESURES IN VITRO DE LA DIGESTIBILITE POUR ESTIMER
LES TENEURS EN ENERGIE METABOLISABLE ET EN
AZOTE DEGRADABLE DANS LE RUMEN DES FOURRAGES LIGNEUX

Herbert STEINGASS¹, Brigitte ARBELOT²

¹ Institut für Tierernährung - Universität Hohenheim Emil-Wolff-Strasse 10
70593 Stuttgart - Allemagne

² CIRAD-EMVT - 10 rue Pierre Curie - 94704 Maisons Alfort Cedex - France

CCE.DGXII - ST2 - 1994. In vitro Untersuchungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit, des Gehaltes an Umsetzbarer Energie und der proteinverfügbarkeit bei tropischen Futterbäumen und Büschen - Kapitel VII
in: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Material und Methoden	2
2.1. Gasbildungsmethode	2
2.2. Schätzung der Proteinverfügbarkeit	5
3. Ergebnisse und Diskussion	7
3.1. Überblick über das gesamte Probenmaterial	7
3.2. Ergebnisse der in vitro-Untersuchungen einzelner Spezies	8
3.3. Beziehung zwischen den in vitro-Verdaulichkeitsparametern chemisch- und enzymatisch bestimmten Kennzahlen	16
3.4. Schätzung der in vitro-Verdaulichkeitsparameter mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie	19
3.5. Teilauswertungen	20
3.5.1. Beziehung der in vitro-Parameter zu chemisch und enzymatisch bestimmten Kennzahlen	20
3.5.2. NIRS	24
3.5.3. Charakterisierung des Futterwertes von <i>Faidherbia</i> albida	25
4. Schlußfolgerungen	27
5. Zusammenfassung	29
6. Literaturverzeichnis	30

Table of contents

1. Introduction	31
2. Materials and methods	32
2.1. Gas production method	32
2.2. Estimation of protein availability	34
3. Results and discussion	36
3.1. Review over the total sample pool	36
3.2. Results of in vitro investigations of single species	36
3.3. Relation between in vitro-digestibility and chemical parameters	44
3.4. Estimation of in vitro digestibility by near-infrared-reflectance spectroscopy	47
3.5. Results of different product groups	47
3.5.1. Relation between in vitro digestibility and chemical or enzymatical parameters	47
3.5.2. NIRS	52
3.5.3. Characterization of nutritive value of <i>Faidherbia albida</i>	53
4. Conclusions	55
5. Summary	57
6. Literature	58

Abkürzungsverzeichnis

Französisch

T	Trockensubstanz	MS
XA	Rohasche	MM
OS	organische Substanz	MO
XP	Rohprotein (N * 6.25)	MAT
XL	Fette	EE
XF	Rohfaser	CB
XX	N-freie Extraktstoffe	ENA
NDF	Neutrale Detergenzfaser (neutral detergent fiber)	
ADF	Säure-Detergenzfaser (acid detergent fiber)	
ADL	Säure-Detergenz-Lignin (acid detergent lignin)	
Hemic	Hemicellulose (NDF - ADF)	
Cell	Cellulose (ADF - ADL)	
Gb	Gasbildung (ml / 200 mg T in 24 Stunden)	GP
dOS	Verdaulichkeit der organischen Substanz	dMO _{gt}
ME	Umsetzbare Energie	EM
PAB	Proteinverfügbarkeit, Proteinabbau in Pansensaft in vitro	dMA _{gt}
SMS	Pepsin-Cellulaselöslichkeit der T	
SMO	Pepsin-Cellulaselöslichkeit der OS	
NPro	Pronaselöslichkeit des N (1 Stunde)	DE1 = MA _{pro}
NADF	ADF-gebundener N	
ADFIN	in AD löslicher N (XP - NADF)	MA _{non} adf
TanP	BSA-fällbare Tannine (Grillet u. Villeneuve 1994)	
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie	
n	Anzahl der Beobachtungen	
MW	Mittelwert	
SD	Standardabweichung	
RSD	Standardabweichung in % des MW	
Min	kleinster Wert der Stichprobe	
Max	größter Wert der Stichprobe	
r	Korrelationskoeffizient	
r ²	Bestimmtheitsmaß	

List of abbreviations

T, DM	Dry matter
XA	Crude ash
OS	Organic matter
XP	Crude protein
XL	Crude lipids
XF	Crude fiber
XX	N-free extractives
NDF	Neutral detergent fiber
ADF	Acid detergent fiber
ADL	Acid detergent lignin
Hemic	Hemicellulose
Cell	Cellulose
Gb	Gas production (ml/200 mg DM in 24 h)
dOS	organic matter digestibility
ME	Metabolizable energy
PAB	Protein availability; protein degradability in rumen liquor in vitro
SMS	Pepsin-cellulase-solubility of dry matter
SMO	Pepsin-Cellulase-solubility of organic matter
NPro	Protein solubility in pronase
NADF	ADF-bound nitrogen
ADFIN	Acid-detergent-soluble N (XP - NADF)
TanP	BSA-precipitable tannins (Grillet and Villeneuve 1994)
NIRS	Near-infrared-reflectance-spectroscopy
n	number of investigations
MW	Mean
SD	Standard deviation
RSD	Residual standard deviation (as % of mean)
Min	Minimum
Max	Maximum
r	Coefficient of correlation
r ²	Coefficient of determination

1. Einleitung und Fragestellung

Die Ernährung der Wiederkäuer in Westafrika basiert im wesentlichen auf Ernterückständen und natürlichen Extensivweiden, die besonders während der Trockenzeit von geringer Qualität sind. Neben einem geringen Rohproteingehalt und oft geringer Proteinverfügbarkeit begrenzt besonders ein niedriger Energiegehalt dieser Futtermittel die tierische Produktion und erlaubt so nur ein sehr geringes Leistungsniveau. Zur Steigerung der Leistung ist daher eine Supplementierung notwendig, jedoch ist der Einsatz geeigneter industrieller Nebenprodukte oder Kraftfuttermittel aufgrund der Verfügbarkeit und des Preises sehr begrenzt. Andererseits wachsen an diesen Standorten eine Vielzahl verschiedener Sträucher und Bäume, deren Blätter, Zweige und Früchte als Futtermittel genutzt werden können und eine wichtige Rolle als Ergänzungsfutter spielen, besonders während der Trockenzeit, da sie auch in dieser Phase in der Regel eine günstigere Nährstoffzusammensetzung aufweisen.

Die Kenntnis des Futterwertes dieser Laubfutterstoffe ist bislang jedoch begrenzt und noch nicht systematisch untersucht (DIAGAYETE 1981; RITTNER 1992). Ziel dieses Projektes war es daher, eine systematische Bestandsaufnahme des Futterwertes dieser Laubfutterstoffe zu erarbeiten. Hierzu genügt es allerdings nicht, allein die Nährstoff- und Mineralstoffzusammensetzung zu untersuchen, auch die Erfassung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen ist gerade bei diesen Pflanzen mit entscheidend. Besonders wichtig ist es jedoch, die Verdaulichkeit und den Energiegehalt zu erfassen, da die Energie in den meisten Fällen die erstlimitierende Größe für die Produktion darstellt.

Zur Messung der Verdaulichkeit dient normalerweise der standardisierte Verdauungsversuch mit kleinen Wiederkäuern als Referenzmethode. Aber besonders unter den Bedingungen der Tropen ist es aus verschiedenen Gründen oft schwierig oder gar unmöglich, Verdauungsversuche mit Tieren durchzuführen. Auch ist diese Methode nicht geeignet, eine große Anzahl von Futtermitteln, wie es im vorliegenden Fall notwendig ist, prüfen zu können. Als Alternative bieten sich daher in-vitro-Methoden zur Schätzung der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes an. Diese Verfahren erlauben es, eine große Anzahl von Proben mit vertretbarem Zeit- und Kostenaufwand und, was entscheidend ist, mit hinreichender Genauigkeit untersuchen zu können und somit einen umfassenden Überblick über den energetischen Futterwert der in Frage kommenden Futtermittel zu gewinnen. Zusätzlich können diese in-vitro-Verfahren zur Kalibrierung noch weiter vereinfachter und leistungsfähigerer Analysentechniken, wie zum Beispiel der Nah-Infrarot-Spektroskopie, dienen. Als in-vitro-Methode wurde in den vorliegenden Untersuchungen die Gasbildungsmethode (MENKE et al. 1979) eingesetzt, die sich in umfangreichen Untersuchungen (MENKE und STEINGASS 1988) als leistungsfähige und genaue Technik zur Ermittlung des Energiegehaltes von Futtermitteln für Wiederkäuer erwiesen hat. Mit einer Modifikation des Verfahrens (LEINMÜLLER 1989) ist es darüber hinaus möglich, die Verfügbarkeit des Stickstoffs im Pansen abzuschätzen, eine Information, die gerade bei Laubfuttermitteln, die sich oft durch Anwesenheit sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe auszeichnen, von besonderer Bedeutung ist.

2. Material und Methoden

2.1 Gasbildungsmethode

Grundlage dieses Verfahrens ist, daß die Gasmenge, die bei der Inkubation mit Futtermitteln mit Pansensaft in vitro freigesetzt wird, in einer engen Beziehung zur Verdaulichkeit und damit zum energetischen Futterwert von Futtermitteln für Wiederkäuer steht. Dabei stammt das Gas (CO_2 und CH_4) im wesentlichen aus dem Abbau der Kohlenhydrate, weshalb die Gasbildung in erster Linie ein Maß für die Verdaulichkeit der Kohlenhydrate ist. Fette dagegen haben einen hohen Energiegehalt, tragen aber nur unwesentlich zur Gasbildung bei, ähnliches gilt für das Rohprotein: beim ruminalen Abbau der Aminosäuren entstehen zwar mit dem Kohlenhydratabbau vergleichbare Gasmengen, die jedoch nicht quantitativ in der Gasphase erscheinen, sondern zum größeren Teil durch das beim Proteinabbau gleichzeitig entstehende NH_3 zu NH_4HCO_3 gebunden werden und somit nicht gemessen werden können. Dies hat zur Folge, daß zu einer möglichst exakten Schätzung des Energiegehaltes neben der Gasbildung auch die Gehalte an Rohprotein und Rohfett mit einbezogen werden müssen, weshalb die zur Berechnung der Energiegehalte verwendeten Schätzgleichungen (siehe nachfolgender Abschnitt) neben der Gasbildung die Rohprotein- und Rohfettgehalte beinhalten.

Die Gasbildungsmethode wurde nach den Vorschriften von Menke und Steingäß (1988) durchgeführt. Abweichend hiervon wurden jeweils 2 Paralleluntersuchungen an 2 verschiedenen Tagen durchgeführt und der Mittelwert der Gasbildung entsprechend aus 4 Paralleluntersuchungen gebildet. Zeitgleich zur Messung der Gasbildung erfolgte eine Trockensubstanzbestimmung (4 h bei 103°C), um die Gasbildung der Proben exakt auf 200 mg Trockensubstanz berechnen zu können. Die Inkubationsdauer betrug 24 Stunden. Als Spendertiere für Pansensaft dienten 2 laktierende Kühe mit permanenter Pansenfistel, die eine Ration aus 70 % Heu und 30 % Kraftfutter erhielten. Zur Bereitung des Inokulums wurde der Pansensaft von beiden Tieren gemischt. Von der Gasbildung der Proben wurden entsprechend der Vorschrift zunächst die Blindwerte (Gasbildung nur aus Pansensaft) abgezogen, anschließend wurde die Gasbildung über die vorgeschriebenen Standards korrigiert. Zur Berechnung der Verdaulichkeit und der Gehalte an Umsetzbarer Energie der Proben wurden folgende Gleichungen verwendet (Menke und Steingäß, 1988) :

Verdaulichkeit der organischen Substanz (dOS; %)

$$\text{dOS} = 14.88 + 0.8893 \text{ Gb} + 0.448 \text{ XP} + 0.651 \text{ XA}$$

Umsetzbare Energie (ME; MJ/kg T)

$$\text{ME} = 1.68 + 0.1418 \text{ Gb} + 0.073 \text{ XP} + 0.217 \text{ XL} - 0.028 \text{ XA}$$

XA, XP, XL in % der T
Gb in ml/200 mg T in 24 h

Diese Gleichungen wurden aus insgesamt 400 Futtermitteln mit bekannter in vivo Verdaulichkeit abgeleitet. Dieses Probenkollektiv wies eine sehr heterogene Zusammensetzung auf. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz lag zwischen 29.7 und 94.8 %, die Gehalte an Umsetzbarer Energie lagen zwischen 4.1 und 15.3 MJ/kg T und deckt somit im wesentlichen auch den Bereich der in den vorliegenden Untersuchungen zu erwartenden Streubereich ab. Das Bestimmtheitsmaß (r^2) beträgt 92 bzw. 95 % für Gleichung 1 bzw. 2, der relative Standardfehler ($s_{y,x}\%$) beträgt 4.2 bzw. 4.1 %.

In Hohenheim wurde nur die Gasbildung der Proben bestimmt. Die zur Berechnung der Verdaulichkeit der Organischen Substanz und des Energiegehaltes zusätzlich notwendigen Rohnährstoffgehalte wurden von anderen am Projekt beteiligten Einrichtungen analysiert und für die Berechnungen übernommen. Im Rahmen dieses Projektes wurde die Gasbildung bei insgesamt 1123 Proben bestimmt.

ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE A PARTIR DE LA PRODUCTION DE GAZ

Echantillon séché broyé

Animaux donneurs : 2 Bovins
ration standardisée
prélèvement du jus de rumen

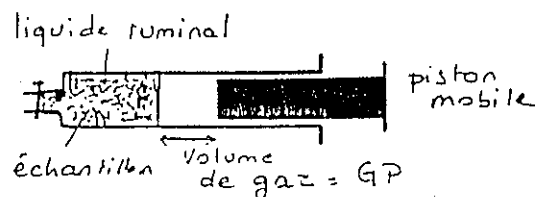
jus de rumen + solutions (1/2V)

Seringues :

- 4* "Blancs" : 30 ml sol. (GP₀)
- 4* Contrôles :
200mg luzerne standard (GP1)
200mg concentré standard (GPC)
- 2* échantillons à tester : 30ml sol. +
200mg éch.

Incubation : Rolleur 39°C 24h
Tecture V₀ V₁ V₂

Seringues :



L'échantillon est incubé avec du jus de rumen dans un tube calibré fermé par un piston mobile à 39°C pendant 24 h. Le volume de gaz produit est corrigé par la production de gaz dans un tube témoin et par celle d'un aliment standard. Faute de données relatives aux fourrages ligneux tropicaux, l'équation de prévision de la DMO à partir de la production de gaz utilisée est une équation générale (page 2)

Calcul de la GP

GP (ml/200mgMS) =

$$\frac{(V_{24} - V_0 - GP_0) * 200 * ((GP_1 + GP_c) / 2)}{pd \text{ prise d'essai en mg MS}}$$

Estimation de la DMOGT

$$DMOGT = 15,38 + 0,8453GP + 0,0595MAT + 0,0675MM$$

DMOGT en %MO

MAT MM en g/kgMS

(Brigitte ARBELOT 1993)

2.2. Schätzung der Proteinverfügbarkeit (PAB)

Da beim vorliegenden Untersuchungsmaterial einerseits der Rohproteingehalt ein entscheidendes Kriterium für den Futterwert darstellt, andererseits aber gerade bei diesen Futtermitteln die Anwesenheit von Tanninen und anderen Sekundärinhaltsstoffen relevant ist, wodurch die Abbaubarkeit und Verfügbarkeit des Rohproteins beeinträchtigt sein kann, gewinnt die Abschätzung der N-Abbaubarkeit bei diesem Probenmaterial zur Beschreibung des Futterwertes eine besondere Bedeutung und sollte daher an einem Teilkollektiv des Untersuchungsmaterials ermittelt werden.

Als in vitro Schätzmethode wurde hier ein Verfahren nach LEINMÜLLER (1989) verwendet. Diese Methode basiert auf Untersuchungen von THOMSEN (1985), der die N-Verfügbarkeit für Pansenmikroorganismen in einem N-limitierten System bei gleichzeitigem Kohlenhydratüberschuß durch Messung der Verdaulichkeit der Trockensubstanz nach TILLEY und TERRY (1963) bestimmte. Grundlage ist, daß die Verdaulichkeit der TS in linearer Abhängigkeit von der Menge an verfügbarem N steht, solange N im Mangel ist. LEINMÜLLER (1989) modifizierte dieses Verfahren, indem sie statt der Verdaulichkeit der TS die Gasbildung als Maß für den fermentative Aktivität und somit für die verfügbare N-Menge wählte. Ein Problem besteht in der Wahl einer geeigneten Referenz-N-Quelle. Während Thomsen eine Harnstoff-Aminosäurenmischung als 100 % verfügbare N-Quelle wählte, verwendete Leinmüller NH_4HCO_3 als Bezugssubstanz. Die Berechnung der N-Verfügbarkeit der zu prüfenden Probe erfolgt dann durch Vergleich der Gasbildung der Probe mit der Gasbildung der Referenz-N-Quelle bei gleichen N-Mengen:

$$\text{N-Verfügbarkeit; PAB (\%)} = \frac{\text{Gasbildung bei 2 mg N (Probe)}}{\text{Gasbildung bei 2 mg NH}_4\text{HCO}_3} \cdot 100$$

Zur Sicherstellung eines N-Mangels des Inokulums wurde einmal nur 1 ml Pansensaft verwendet, zum anderen wurde das NH_4HCO_3 des Puffermediums weggelassen. Um einen ausreichenden Kohlenhydratüberschuß zu gewährleisten, wurden bei allen Inkubationen 400 mg Stärke zugelegt. Von allen Proben wurden 3 Paralleluntersuchungen durchgeführt, bei der Standard-N-Quelle waren es 5 Wiederholungen.

Das Problem bei der Schätzung des N-Abbaus besteht primär darin, daß im Gegensatz zur Schätzung der Verdaulichkeit mit der Gasbildungsmethode weder Standards noch geeignete Vergleichsproben mit bekannter Abbaubarkeit in vivo in ausreichender Zahl vorliegen. Ein Vergleich mit 25 Rohfutterproben, bei denen der N-Abbau in Nylonbeuteln bestimmt worden war (ROTHFUSS 1991), ergab jedoch dieselbe Rangfolge in der Abbaubarkeit in vitro wie in sacco. Die Ergebnisse können daher nur als ein relatives Maß der N-Verfügbarkeit betrachtet werden und es ist nicht zulässig, sie als eine absolute Zahl anzusehen, nicht zuletzt auch deshalb, weil es im Gegensatz z.B. zur Verdaulichkeit der OS nicht möglich ist, eine standardisierte N-Abbaubarkeit in vivo anzugeben.

Mit Hilfe dieses Tests wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen insgesamt bei insgesamt 221 Proben die N-Verfügbarkeit geschätzt.

**ESTIMATION DE LA DEGRADABILITE DE L'AZOTE
A PARTIR DE LA PRODUCTION DE GAZ**

Solutions :

idem DMOGT + Jus de rumen (1/29V)

Seringues :

-3* "blancs" :
400mg d'amidon + solution ruminale

- Témoins (*3) :
0,5mg N
1mg N
1,5mg N
2mg N
2,5mg N
] + 400mg amidon

N= (NH₄)HCO₃

-2* échantillons à tester :
30ml solution + échantillon (prise
d'essai correspondant à 3mg d'azote)
+ 400mg d'amidon.

Incubation :

Rolleur 48h à 39°C

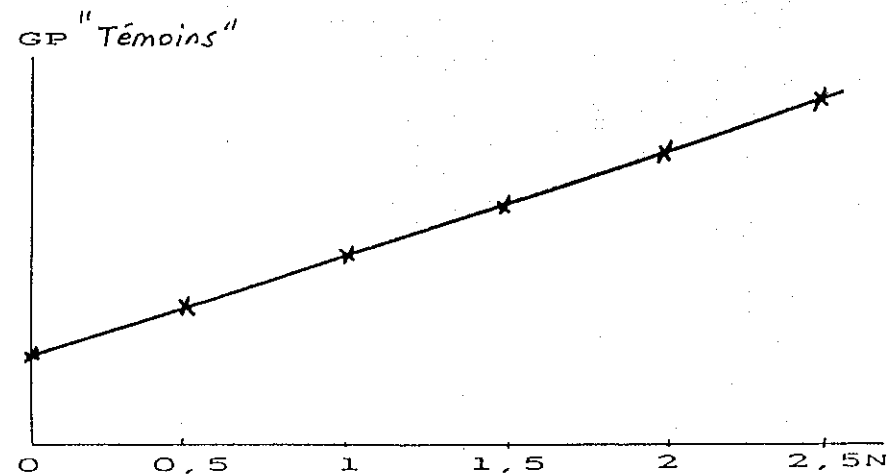
Lecture : 12h, 24h, 32h, 48h.

L'échantillon est incubé dans du jus de rumen en présence d'un excès de sucres fermentescibles (amidon). La production de gaz est donc considérée comme proportionnelle à la quantité d'azote fermentescible. La teneur en azote fermentescible de l'échantillon testé est calculée par une régression linéaire établie à partir de tubes témoins contenant la même quantité d'amidon et des quantités croissantes d'une source azotée fermentescible ((NH₄)HCO₃)

Calcul de la dMAGT

Témoins --> GP (ml/48h)=a+bN(mg)

--> dMAGT en %MAT



(Brigitte ARBELOT 1993)

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Überblick über das gesamte Probenmaterial

Tabelle 1 gibt zunächst eine Übersicht über die in vitro Ergebnisse für das gesamte Probenkollektiv. Hier beziehen sich, wie auch in den nachfolgenden Auswertungen, die Ergebnisse nur auf dasjenige Probenkollektiv, bei dem die Gasbildung bestimmt wurde. Demnach ergeben sich Abweichungen dieser statistischen Kennzahlen von den Auswertungen in den übrigen Teilprojekten. Wie bereits erwähnt, wurde in Hohenheim die Gasbildung (Gb) und die Proteinverfügbarkeit in Pansensaft in vitro (PAB) bestimmt. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (dOS) und die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) wurden aus der Gasbildung, dem Rohproteingehalt (XP) und dem Rohaschegehalt (XA) bzw. dem Rohfettgehalt (XL) berechnet. Aus diesem Grund sind diese Zahlen in den nachfolgenden Darstellungen mit aufgeführt, um die Ergebnisse besser nachvollziehbar zu machen. Die Dimensionen der Parameter sind:

Gb	ml/200 mg Trockensubstanz in 24 h
dOS	%
ME	kcal/ kg Trockensubstanz
PAB	% des Rohproteins
XP; XA; XL	% in der Trockensubstanz

Tabelle 1: Kennzahlen zum Futterwert des gesamten Probenkollektivs.

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Alle	n	1123	1051	922	221	1055	1051	922
	MW	24,0	49,5	1621	16,6	14,2	10,2	4,0
	SD	11,3	12,3	424	16,8	5,6	6,5	2,5
	Min	0,5	16,0	541	0	0,4	0,7	0,3
	Max	77,2	87,3	3128	87,7	40,1	45,1	19,3

Es wird deutlich, daß alle hier dargestellten Parameter eine sehr große Streubreite aufweisen und praktisch den gesamten Bereich der in Futtermitteln vorkommenden Gehaltswerte abdecken. Dies ist nicht verwunderlich, da hier alle Pflanzenarten und -Organe enthalten sind. Somit ist der Aussagewert dieser Daten sicher begrenzt.

3.2 Ergebnisse der in vitro-Untersuchungen einzelner Spezies

Aus diesem Grund werden nachfolgend in Tabelle 2 entsprechende Kennzahlen für einzelne Pflanzenarten dargestellt.

Ausgewählt wurden diejenigen Spezies und Pflanzenorgane, von denen eine ausreichende Zahl von Messwerten zur Gasbildung (in der Regel 10) vorhanden waren.

Diese Auftrennung nach Einzelpflanzen bzw. nach Blattmaterial und Früchte gibt in vielen Fällen nun bereits ein viel klareres Bild. Zum großen Teil sind nun charakteristische Futterwertmerkmale erkennbar, nach wie vor gibt es jedoch Pflanzen, die eine große Streubreite in diesen Kennzahlen aufweisen.

Nur wenige Pflanzen weisen hier eine Verdaulichkeit der OS von 70 % oder mehr auf (*Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*, *Calotropis procera*), ein Wert, wie er von Futterpflanzen gemäßigter Zonen zu fordern ist. Bei einem Großteil der Proben liegt die Verdaulichkeit zwischen 45 und 60 %. Dieser Bereich ist häufig auch bei tropischen Gräsern zu finden und wird auch für Laubfutterstoffe bestätigt. (Diagayete 1981). Ein erheblicher Teil der Proben hat aber eine Verdaulichkeit kleiner 45 %, bzw. weist einen Gehalt an umsetzbarer Energie unter 1500 Kcal/kg TS auf, was den Wert und die Einsatzmöglichkeit dieser Pflanzen als Futtermittel grundsätzlich einschränkt bzw. ganz in Frage stellt.

Anhand der Verdaulichkeit der organischen Substanz (dOS) und des Rohproteingehaltes (XP) als der wichtigsten futterwertbestimmenden Eigenschaften wurde in Tabelle 3 eine entsprechende Klassifizierung der Futtermittel vorgenommen. Ein "+" bedeutet, daß der Wert größer ist als der Mittelwert des Gesamtmaterials, ein "-" dagegen "unter dem Mittelwert". Pflanzen, die in diesen Merkmalen im Bereich der Mittelwerte liegen, werden als "indifferent" bezeichnet.

Tabelle 2: Kennzahlen zum Futterwert ausgewählter Futterpflanzen

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Maerua crassifolia Blätter	n	9	9	9	0	9	9	9
	MW	40,0	73,4	2383		23,7	18,8	6,4
	SD	2,4	1,3	153		2,9	3,7	1,2
	Min	35,1	71,5	2052		20,7	14,5	5,0
	Max	42,6	75,2	2545		28,4	25,9	8,3
Capparis decidua Blätter	n	19	19	19	3	20	20	20
	MW	22,1	46,7	1442	25,7	15,6	8,4	1,6
	SD	5,9	6,9	261	5,4	4,3	1,1	0,4
	Min	15,7	40,4	1224	20,4	9,9	6,4	1,1
	Max	37,1	64,6	2097	31,1	25,1	10,7	2,3
Boscia senegalensis Blätter	n	41	39	34	4	39	39	34
	MW	25,4	54,2	1666	23,8	22,5	10,1	2,3
	SD	4,3	4,2	101	7,9	4,8	2,4	0,6
	Min	13,5	46,9	1378	14,0	16,7	6,2	1,2
	Max	40,9	70,2	1914	32,0	35,1	16,5	3,4
Combretum glutinosum Blätter	n	21	19	12	5	19	19	12
	MW	11,2	34,7	1515	3,5	11,2	6,7	9,9
	SD	5,3	5,0	195	1,8	2,7	1,4	5,0
	Min	3,6	27,5	1181	1,2	6,1	4,6	0,8
	Max	23,2	44,1	1754	5,3	17,4	10,5	16,4
Combretum nigricans Blätter	n	10	8	7	4	8	8	7
	MW	10,9	34,4	1295	0,2	10,9	5,8	6,1
	SD	4,9	4,0	215	0,4	2,5	1,8	3,4
	Min	5,3	29,7	985	0	8,5	4,3	1,8
	Max	19,8	40,6	1628	0,8	14,8	8,9	11,1
Guiera senegalensis Blätter	n	23	20	9	4	20	20	9
	MW	12,4	35,8	1252	1,2	12,1	6,4	5,2
	SD	4,4	5,4	126	2,2	3,2	2,2	1,7
	Min	6,7	29,2	1135	0	9,3	1,1	2,6
	Max	23,1	48,1	1490	4,4	20,2	10,6	8,2
Grewia bicolor Blätter	n	11	10	5	0	10	10	5
	MW	22,1	50,0	1664		15,7	10,8	5,3
	SD	8,2	5,6	241		5,3	1,8	2,0
	Min	5,8	43,2	1381		4,2	8,1	2,3
	Max	31,8	58,0	1938		25,1	13,2	7,0

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Balanites	n	43	39	31	4	40	39	31
aegyptiaca	MW	30,8	59,8	1862	32,6	15,1	15,9	4,4
Blätter	SD	5,2	4,2	133	13,4	4,7	2,5	1,5
	Min	16,8	49,8	1630	20,5	8,8	11,3	2,0
	Max	40,6	72,1	2073	49,7	32,4	22,8	7,7
Bridelia	n	11	10	10	0	10	10	10
ferruginea	MW	13,0	35,2	1216		10,3	6,9	4,9
Blätter	SD	3,8	3,6	124		1,0	0,7	1,5
	Min	7,8	31,3	1021		8,5	5,6	3,5
	Max	17,4	40,5	1415		11,9	8,2	8,7
Hymenocardia	n	10	10	9	1	10	10	9
acida	MW	18,9	39,2	1523	18	9,7	4,9	6,2
Blätter	SD	8,0	7,7	300		2,6	0,8	1,3
	Min	4,8	25,0	1052		7,0	3,5	4,2
	Max	31,3	50,3	1944		14,3	6,0	7,7
Margaritaria	n	9	9	9	0	9	9	9
discoidea	MW	34,7	56,9	2011		14,4	7,2	4,4
Blätter	SD	5,1	5,0	215		1,5	0,5	1,3
	Min	21,9	44,5	1512		12,2	6,0	1,4
	Max	39,3	61,3	2196		16,6	7,9	6,5
Parinari	n	14	14	14	1	14	14	14
curatellifolia	MW	8,6	32,6	879	3,6	8,5	9,6	1,9
Blätter	SD	1,6	1,8	77,5		0,8	2,5	0,6
	Min	6,0	29,9	700		6,7	6,3	0,5
	Max	10,8	36,4	987		9,5	15,4	3,3
Bauhinia	n	10	10	8	2	10	10	8
rufescens	MW	19,4	46,1	1471	1,6	14,9	11,1	3,7
Blätter	SD	2,9	3,0	178		2,3	2,6	3,0
	Min	15,4	40,7	1235	0	11,3	7,8	2,0
	Max	24,5	51,6	1783	3,1	17,6	16,4	11,0
Bauhinia	n	9	9	6	2	9	9	6
rufescens	MW	16,3	37,5	1234	6,4	11,9	4,3	2,1
Früchte	SD	2,9	3,1	68		1,9	0,4	0,3
	Min	12,5	32,2	1150	4,9	8,1	3,7	1,6
	Max	21,4	43,5	1348	7,9	14,9	4,8	2,5

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Piliostigma	n	9	7	6	1	7	7	6
reticulatum	MW	18,3	40,7	1421	12,8	10,8	6,4	3,6
Blätter	SD	5,6	5,2	210		1,4	1,7	1,9
	Min	10,2	34,0	1149		8,7	4,1	1,8
	Max	28,6	48,3	1627		13,3	9,0	6,2
Piliostigma	n	25	23	19	3	23	23	19
thoningii	MW	18,8	41,5	1499	7,0	10,6	7,0	5,7
Blätter	SD	6,0	4,9	192	0,6	2,5	1,6	2,2
	Min	7,6	33,9	1164	6,5	6,1	4,3	2,7
	Max	33,6	52,1	1888	7,7	16,9	9,8	9,7
Afzelia	n	10	10	10	1	10	10	10
africana	MW	25,5	50,9	1944	26	17,2	8,6	8,4
Blätter	SD	4,0	3,6	174		3,4	1,8	2,7
	Min	16,1	42,8	1692		10,4	6,1	4,6
	Max	29,8	55,6	2185		22,0	11,8	12,6
Daniellia	n	28	25	23	9	25	25	23
oliveri	MW	16,4	41,6	1286	7,7	11,6	9,9	3,4
Blätter	SD	6,7	6,3	341	6,1	3,6	3,3	1,0
	Min	7,0	33,1	872	0	6,5	4,9	2,2
	Max	37,8	62,9	2356	19,9	23,0	16,3	6,0
Gleditschia	n	26	26	26	1	26	26	26
triacanthos	MW	42,5	60,7	2135	15,7	11,5	4,4	2,3
Früchte	SD	7,6	7,5	301		3,3	0,5	0,4
	Min	33,9	51,3	1731		5,9	3,2	1,6
	Max	63,2	82,1	2997		20,1	4,9	3,2
Parkia	n	13	12	8	0	12	12	8
biglobosa	MW	9,9	32,9	1111		11,7	5,7	4,2
Blätter	SD	2,6	2,4	52		1,5	1,1	1,3
	Min	5,7	28,2	1046		8,9	4,5	2,7
	Max	13,4	37,3	1198		13,3	8,0	6,2
Leucaena	n	19	19	18	4	19	19	18
leucocephala	MW	28,5	55,7	1920	14,0	22,0	8,5	4,2
Blätter	SD	4,6	4,8	205	8,7	4,7	2,9	1,5
	Min	21,7	47,4	1539	3,9	16,9	5,1	2,2
	Max	37,9	64,3	2239	23,8	31,2	18,3	8,5

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Acacia senegal	n	12	12	11	4	12	12	11
<i>Blätter</i>	MW	24,3	57,9	1723	13,3	24,6	15,9	3,8
	SD	6,3	6,7	231	12,3	5,9	6,8	1,4
	Min	11,8	45,2	1380	5,6	18,2	8,5	2,2
	Max	34,5	65,5	2077	31,6	34,6	31,5	6,7
Acacia nilotica	n	15	15	14	7	15	15	14
<i>Blätter</i>	MW	27,7	52,3	2005	28,4	14,0	10,0	9,5
	SD	5,3	5,8	341	17,8	1,5	3,3	4,3
	Min	13,1	36,1	1341	8,9	11,8	5,2	3,7
	Max	32,3	57,2	2593	54,9	17,4	17,0	19,3
Acacia tortilis	n	12	12	12	8	12	12	12
<i>Blätter</i>	MW	22,5	50,4	1579	7,4	16,2	12,7	4,2
	SD	2,7	3,5	161	7,1	3,8	4,3	1,6
	Min	19,4	41,4	1261	0,8	8,6	8,4	2,1
	Max	27,8	55,1	1792	22,5	21,0	21,4	7,3
Acacia tortilis	n	12	12	12	1	12	12	12
<i>Früchte</i>	MW	43,0	65,7	2231	4,6	17,7	7,1	2,1
	SD	3,9	3,4	154		2,3	1,8	0,5
	Min	36,7	59,7	1988		15,0	5,1	1,4
	Max	48,2	71,6	2456		21,5	11,0	2,9
Acacia seyal	n	8	8	8	2	8	8	8
<i>Blätter</i>	MW	28,7	54,4	1818	35,4	16,8	9,9	4,2
	SD	7,0	3,7	219		5,3	4,0	0,9
	Min	14,4	47,4	1537	11,1	11,5	6,5	2,9
	Max	34,6	58,4	2061	59,7	28,1	18,5	5,7
Faidherbia albida	n	12	12	12	7	12	12	12
<i>Blätter</i>	MW	22,7	47,8	1573	7,0	14,4	9,6	4,1
	SD	7,5	6,1	266	6,1	2,6	2,0	1,7
	Min	12,1	38,1	1088	0	10,3	5,1	1,3
	Max	35,4	55,0	1915	17,7	18,0	12,4	7,7
Faidherbia albida	n	10	10	10	4	10	10	10
<i>Früchte</i>	MW	41,1	59,7	2051	20,4	12,2	4,4	1,4
	SD	8,5	9,4	388	11,3	5,5	0,6	0,6
	Min	29,3	48,7	1610	7,7	5,6	3,7	0,7
	Max	61,2	83,7	3050	35	26,8	5,7	2,5

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Pericopsis laxiflora	n	14	14	12	4	14	14	12
	MW	8,2	31,9	1018	2,7	16,0	3,8	2,1
Blätter	SD	3,7	4,4	177	1,0	3,1	0,9	0,6
	Min	3,8	27,4	825	2,0	12,1	2,9	0,9
	Max	16,9	42,2	1452	4,1	22,3	5,3	3,2
Pterocarpus erinaceus	n	18	17	16	6	17	17	16
	MW	22,6	46,2	1541	21,1	15,8	6,8	3,0
Blätter	SD	7,7	8,2	305	16,4	2,5	1,3	1,0
	Min	5,6	28,7	898	2,0	10,8	3,8	0,9
	Max	34,2	57,9	1991	45,4	20,0	8,8	5,0
Gliricidia sepium	n	11	9	9	1	9	9	9
	MW	33,6	60,0	2054	49,8	20,8	9,1	4,0
Blätter	SD	4,4	4,8	223		4,8	1,1	0,7
	Min	24,8	52,2	1691		13,4	8,0	3,0
	Max	38,9	64,7	2259		26,0	10,9	5,2
Ficus sur Forsk	n	15	14	13	0	14	14	13
	MW	17,5	45,0	1307		11,2	14,5	3,5
Blätter	SD	6,7	6,2	215		2,2	4,1	2,5
	Min	7,3	33,0	1003		7,4	6,6	2,1
	Max	32,4	55,7	1739		16,5	22,3	11,4
Ficus sycomorus	n	26	23	21	13	23	23	21
	MW	24,1	53,8	1382	6,1	10,6	19,2	2,4
Blätter	SD	6,8	5,5	263	3,5	2,7	4,3	0,6
	Min	10,2	43,6	868	1,8	5,4	8,0	1,7
	Max	37,4	62,7	1773	13,1	17,1	28,1	4,1
Salvadora persica	n	27	27	27	2	27	27	27
	MW	39,7	79,1	1860	46,3	14,3	34,6	1,8
Blätter	SD	4,0	3,1	176		2,2	4,6	0,5
	Min	30,9	69,9	1524	44,9	10,3	22,0	0,7
	Max	48,1	83,8	2231	47,6	19,0	45,1	2,9
Ziziphus mauritania	n	23	23	21	3	23	23	21
	MW	22,4	48,6	1541	7,7	13,6	11,7	4,3
Blätter	SD	4,3	4,6	202	1,9	3,3	5,0	1,6
	Min	13,3	41,7	999	6,3	8,1	7,6	2,3
	Max	28,2	57,6	1841	9,8	20,6	28,9	7,6

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Calotropis	n	12	9	7	4	9	9	7
procera	MW	38,3	69,1	2342	59,0	16,6	17,9	8,0
Blätter	SD	4,4	3,3	202	23,2	3,5	4,7	2,6
	Min	31,6	63,3	2049	38,0	12,1	12,4	4,8
	Max	44,7	73,6	2636	87,7	24,5	27,6	12,5
Morinda	n	10	10	10	5	10	10	10
lucida	MW	32,4	57,8	2118	13,3	17,8	9,4	7,2
Blätter	SD	5,6	4,3	206	8,9	1,8	1,3	1,0
	Min	24,2	51,6	1796	3,7	15,2	7,3	5,4
	Max	39,4	63,0	2433	25,0	20,4	11,6	8,5
Hyphaene	n	17	17	17	4	17	17	17
thebaica	MW	10,5	33,9	892	6,8	6,8	10,2	1,6
Blätter	SD	2,5	2,6	88	4,9	0,9	2,2	0,2
	Min	5,1	27,0	749	3,6	4,9	6,5	1,2
	Max	15,9	39,3	1060	14,1	8,9	14,5	2,0

Tabelle 3: Klassifizierung der Futterpflanzen nach Verdaulichkeit und Rohproteingehalt

dOS +	XP +	dOS +	XP -
Maerua crassifolia		Salvadora persica	
Calotropis procera		Gleditschia triacanthos, <i>Früchte</i>	
Acacia tortilis, <i>Früchte</i>		Faidherbia albida, <i>Früchte</i>	
Gliricidia sepium		Ficus sycomorus	
Balanites aegyptiaca			
Acacia senegal			
Morinda lucida			
Margaritaria discoidea			
Leucaena leucocephala			
Boscia senegalensis			
Acacia seyal, <i>Blätter</i>			
Afzelia africana			
dOS -	XP +	dOS -	XP -
Pericopsis laxiflora		Parinari curatellifolia	
Bauhinia rufescens, <i>Blätter</i>		Parkia biglobosa	
Capparis decidua		Hyphaene thebaica	
Pterocarpus erinaceus		Combretum nigricans	
		Combretum glutinosum	
		Bridelia ferruginea	
		Guiera senegalensis	
		Bauhinia rufescens, <i>Früchte</i>	
		Hymenocardia acida	
		Piliostigma reticulatum	
		Piliostigma thonningii	
		Daniellia oliveri	
		Ficus sur Forsk	
Indifferent:		Ziziphus mauritania	
		Faidherbia albida, <i>Blätter</i>	
		Acacia tortilis, <i>Blätter</i>	
		Grewia bicolor	
		Acacia nilotica, <i>Blätter</i>	

Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, daß aufgrund der Häufigkeit des Vorkommens eine Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der organischen Substanz und dem Rohproteingehalt besteht. Jedoch ist dieser Zusammenhang nicht zwingend. Es gibt durchaus Pflanzen, die eine hohe Verdaulichkeit bei geringem Rohproteinniveau aufweisen wie z.B. *Salvadora persica*, oder bei denen eine geringe Verdaulichkeit mit relativ hohem Rohproteingehalt gekoppelt ist. Bei letzterer Gruppe, wie auch bei Pflanzen in der Gruppe mit geringer Verdaulichkeit und gleichzeitig unterdurchschnittlichem Rohproteingehalt, sind oftmals überdurchschnittlich hohe Gehalte an ADL (*Pericopsis laxiflora*) oder hohe Tanningehalte bzw. eine geringe Pronaselöslichkeit und hohe Gehalte an ADF-gebundenem N vorhanden. Auch die Proteinverfügbarkeit in Pansensaft in vitro (PAB) weist charakteristische Unterschiede in diesen Gruppen auf (Tabelle 4):

Tabelle 4: Proteinverfügbarkeit (PAB) in Abhängigkeit von der Verdaulichkeit der OS und dem Rohproteingehalt

Gruppe		Proteinabbau in vitro (%)
dOS	XP	
+	+	27,2 17,3
+	-	22,1 17,2
-	+	12,9 12,5
-	-	6,7 5,4
indifferent		12,6 10,5

(Mittelwert aus allen Proben (n = 221): 16,6 16,8 %)

Obwohl hier die Streuung in allen Klassen sehr hoch ist, ist ein klarer Trend dahingehend erkennbar, daß der Proteinabbau in der Gruppe, in der eine überdurchschnittliche Verdaulichkeit mit einem hohen Proteingehalt gekoppelt ist, am höchsten ist und umgekehrt.

3.3. Beziehung zwischen den in vitro-Verdaulichkeitsparametern und chemisch und enzymatisch bestimmten Kennzahlen

Im folgenden wurden daher zunächst Korrelationen zwischen Gasbildung, dOS und PAB und anderen Futterwertkennzahlen ermittelt um nachfolgend bei Vorhandensein hoher Korrelationen Regressionsgleichungen zur Schätzung der in vitro-Kennzahlen mit Hilfe der einfacher zu bestimmenden chemischen Parameter abzuleiten. Die in vitro-Technik mit Pansensaft bedeutet gegenüber dem Verdauungsversuch in vivo zwar schon eine deutliche Vereinfachung, nach wie vor bedarf es aber einer gewissen Ausstattung der Labors, weshalb diese Methoden nicht ohne weiteres überall routinemäßig durchführbar sind.

Tabelle 5: Lineare Korrelationen zwischen Gasbildung, dOS und PAB mit anderen Parametern

		Gb	dOS	PAB
XA	n	1051	1051	221
	r	0,15	0,49	0,19
XP	n	1055	1051	221
	r	0,21	0,40	0,24
XL	n	922	922	
	r	-0,08	-0,11	n.s.
XF	n	863	863	
	r	-0,37	-0,51	n.s.
XX	n	907		
	r	0,19	n.s.	n.s.
NDF	n	867	867	221
	r	-0,47	-0,58	-0,19
ADF	n	880	880	221
	r	-0,52	-0,63	-0,20
ADL	n	875	875	221
	r	-0,55	-0,60	-0,24
Cell	n	875	875	
	r	-0,28	-0,41	n.s.
SMS	n	649	649	181
	r	0,74	0,82	0,58
SMO	n	648	648	181
	r	0,74	0,81	0,56
NPro	n	789	786	213
	r	0,38	0,38	0,44
NADF	n	831	831	220
	r	-0,46	-0,51	-0,39
TanP	n	325	323	194
	r	-0,34	-0,40	-0,45
Gb	n		1051	217
	r	-	0,92	0,64
dOS	n			217
	r	-	-	0,66

Es ist erkennbar, daß eine Reihe hochgesicherter Beziehungen zwischen der Gasbildung und anderen Parametern bestehen. Zunächst wären hier die einzelnen Gerüstsubstanzfraktionen (XF, NDF, ADF und ADL) zu nennen, wobei die beste Beziehung zum ADL-Gehalt besteht. Desweiteren sind gesicherte Beziehungen zu den Parametern der N-Verfügbarkeit (NPro, NADF, TanP und PAB) vorhanden, allerdings in schwächerem Ausmaß. Die recht enge Beziehung zwischen der Gasbildung und der Cellulaselöslichkeit der TS bzw. der OS war zu erwarten, da es sich bei beiden Verfahren um anerkannt geeignete Methoden handelt. Diese enge Beziehung ist jedoch von fraglichem Nutzen, da es sich bei der Cellulaselöslichkeit nicht unbedingt um ein einfacheres Verfahren gegenüber der in vitro-Technik handelt, es sei denn es besteht keine Möglichkeit zur Haltung fistulierter Spendertiere für Pansensaft.

Die Beziehungen zwischen Verdaulichkeit der OS und den übrigen Kriterien sind grundsätzlich ähnlich wie bei der Gasbildung, was sicher nicht verwundert, da zur Berechnung der Verdaulichkeit die Gasbildung den wesentlichen Beitrag liefert. Zwar sind die Korrelationen in der Regel höher als bei der Gasbildung, erreichen jedoch auch hier bis auf die Beziehung zur Cellulaselöslichkeit nicht ein Maß das die Erstellung von Schätzgleichungen rechtfertigen würde.

Auch bei der Proteinverfügbarkeit ist erkennbar, daß insgesamt zwar signifikante Beziehungen vorhanden sind, die aber aufgrund der Heterogenität des Gesamtmaterials in keinem Fall befriedigen. Wiederum ist die engste Beziehung zur Cellulaselöslichkeit vorhanden. Generell bestehen auch zwischen den anderen Parametern, die den N charakterisieren, gesicherte Korrelationen.

Aufgrund der relativ hohen Korrelation wurden lineare Regressionsgleichungen zwischen den in vitro-Parametern und der Cellulaselöslichkeit berechnet (Tabelle 6).

Tabelle 6: Lineare Regressionsgleichungen zwischen Gasbildung, dOS und PAB (y) mit der Cellulaselöslichkeit (SMS bzw. SMO)

x =	Gleichung	n	r ²	RSD (%)	sign.
Gasbildung					
SMS	y = 0,477 x + 3,30	649	0,551	14,8	***
SMO	y = 0,458 x - 0,76	648	0,550	14,8	***
dOS					
SMS	y = 0,569 x + 16,99	649	0,666	13,8	***
SMO	y = 0,543 x + 20,19	648	0,656	14,1	***
PAB					
SMS	y = 0,535 x + 13,63	181	0,336	75,5	***
SMO	y = 0,490 x + 9,51	181	0,310	77,1	***

Doch auch in diesem Fall weisen die Schätzgleichungen für Gasbildung und dOS noch immer Reststreuungen von annähernd 15 % auf, was nicht voll befriedigen kann.

Die wesentliche Aussage aus diesen Ergebnissen besteht darin, daß insgesamt aus dem Gesamtmaterial aufgrund seiner Heterogenität keine befriedigenden Beziehungen zwischen den chemisch bestimmten und den in vitro-Parametern bestehen und damit eine Vereinfachung der Schätzung der in vitro-Verdaulichkeit auf diesem Weg nicht möglich ist. Auch mit Hilfe multipler Gleichungen ist dies nicht wesentlich besser möglich. Dies wurde überprüft, ist aber aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

3.4. Schätzung der in vitro-Verdaulichkeitsparameter mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie

Im Rahmen dieses Projektes wurde der Großteil dieses Probenmaterials auch mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) untersucht (SINNAEVE et al. 1994). Für detaillierte Ergebnisse sei daher auf den Bericht dieser Arbeitsgruppe verwiesen (Kapitel VIII). An dieser Stelle soll aber nochmals kurz auf deren wichtigste Ergebnisse im Hinblick auf die Schätzung der in vitro-Kennzahlen eingegangen werden.

Tabelle 7: Kennzahlen der Gleichungen zur Schätzung der in vitro-Verdaulichkeit mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (SINNAEVE et al. 1994)

Parameter	n	MW	SD	Kalibrierung		Validierung	
				SE	R ²	SE	R ²
Gasbildung	906	23,4	11,4	4,54	0,82	4,77	0,80
dOS	835	48,5	12,4	3,97	0,89	4,22	0,88
ME	721	1586	433	163	0,84	173	0,82
PAB	94	10,2	15,0	5,25	0,79	6,43	0,68

Es ist klar ersichtlich, daß mit Hilfe der NIRS eine sehr gute Schätzung der in vitro-Kennzahlen möglich ist. Insbesondere bezüglich der Verdaulichkeit der OS. Somit stellt diese indirekte Methode die einzige Alternative dar, zu brauchbaren Schätzwerten der Kennzahlen des energetischen Futterwertes für das gesamte Probenkollektiv zu kommen. Es kann daher empfohlen werden, nachdem im Rahmen dieses Projektes brauchbare und robuste Schätzgleichungen für das vorliegende Probenmaterial entwickelt wurden, diese Methode künftig verstärkt anzuwenden.

3.5. Teilauswertungen

Zur Verminderung der Gesamtstreuung und um spezifischere Aussagen zu erhalten, können aus dem Gesamtmaterial verschiedene Produktgruppen gebildet werden. Dadurch wird es vielfach möglich, spezifische Zusammenhänge aufzudecken und deren Ursachen zu erkennen.

3.5.1. Beziehungen der in vitro-Parameter zu chemisch und enzymatisch bestimmten Kennzahlen

Zu dieser Aussage kam auch bereits ARBELOT (1993) in ihrer Arbeit, aus der nachfolgend einige Angaben im Hinblick auf die in vitro-Parameter übernommen werden. Die Autorin hat zunächst aus dem Gesamtmaterial die Blätter ausgewählt und danach durch weitere Einengung der Produktgruppen spezifische Zusammenhänge dargestellt und interpretiert (Tabelle 8).

Tabelle 8: Korrelationen zwischen dOS bzw. PAB mit anderen Parametern bei Blättern allgemein sowie Blattmaterial von Leguminosen und Nichtleguminosen (ARBELOT 1993)

n	dOS			PAB		
	Blätter 80	Legum. 39	Legum. 41	Blätter 80	Legum. 39	Legum. 41
NDF	-0,60	-0,56	-0,63	-0,39	-0,35	-0,49
ADF	-0,64	-0,68	-0,63	-0,33	-0,39	-0,34
ADL		-0,61	-0,74	-0,57	-0,35	-0,46 ns
XP	0,47	0,60	0,48	0,63	0,60	0,72
NADF	-0,40	-0,55	-0,30	-0,27	-0,36	ns
ADF lösl.N	0,51	0,69	0,48	0,69	0,66	0,78
SMS	0,83	0,79	0,84	0,60	0,60	0,63
NPro		0,50	0,56	0,47	0,75	0,72 0,79
TanP		-0,49	-0,37	-0,56	-0,47	-0,42-0,55
PAB	0,67	0,67	0,68			

Unbeachtet dessen, daß es sich hier um ein wesentlich kleineres Probenkollektiv handelt, wird deutlich, daß die Korrelationen zum Teil erheblich höher liegen als beim Gesamtmaterial (Tabelle 5). Nach wie vor ist zwischen dOS und der Cellulaselöslichkeit (SMS) die engste Beziehung nachzuweisen, aber auch zu den Gerüstsubstanzfraktionen ergeben sich nun hohe Korrelationen, vor allem in der Gruppe der Leguminosen. Wesentlich höhere Korrelationen ergeben sich nun auch in vielen Fällen beim PAB, besonders zwischen dem ADF-löslichen bzw. pronaselöslichen N und in besonderem Maß bei den Nichtleguminosen.

Bei noch weiterer Untergliederung der Proben hin zu einzelnen Spezies konnte ARBELOT (1993) zeigen, daß sich die Beziehungen noch weiter straffen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Korrelation zwischen dOS und chemischen/enzymatischen Parametern bei Blattmaterial einzelner Spezies (ARBELOT 1993)

Spezies	NDF	ADF	ADL	XF	XP	ADFIN	SMO
<i>Ficus sycomorus</i> (n = 14)					0,72	0,71	0,54
<i>Guiera senegalensis</i> (n = 7)	-0,90	-0,84	-0,78	-0,93	0,85	0,80	0,90
<i>Daniellia oliveri</i> (n = 15)					0,98	0,97	0,89
<i>Pterocarpus erinaceus</i> (n = 14)		-0,87	-0,82		0,62	0,88	0,95
<i>Morinda lucida</i> (n = 7)		-0,91	-0,78				0,86

Es wird deutlich, daß bei den einzelnen Spezies spezifische Beziehungen bestehen. So ist bei *Ficus sycomorus* und *Daniellia oliveri* eine enge Korrelation zwischen dOS und XP bzw. dem ADF-löslichen N vorhanden, während bei *Guiera senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus* und *Morinda lucida* die engsten Beziehungen zu den Gerüstsubstanzengehalten bestehen. Generell ist erwartungsgemäß die Korrelation zur Cellulaselöslichkeit hoch.

Diese Ergebnisse zeigen also auch, daß spezifische Produktgruppen zu bilden sind, wenn z.B. die Verdaulichkeit der OS aus einfachen chemischen Parametern geschätzt werden soll. Für das vorliegende Untersuchungsmaterial erscheint dies auch möglich, da von den wichtigsten Pflanzenfamilien und -spezies eine ausreichend große Zahl an Werten vorliegen.

Anhand dieses Untersuchungsmaterials hat ARBELOT (1993) versucht, für einzelne botanische Gruppen bzw. Spezies Regressionsgleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der OS aus chemisch und enzymatisch bestimmten Kennzahlen abzuleiten (Tabelle 10).

Zunächst erfolgte eine hierarchische Unterteilung des Blattmaterials nach "günstiger" und "ungünstiger" Zusammensetzung (Gruppe 1 und 2), danach wurden die 4 Gruppen entsprechend ihrer NIR-Spektren (siehe Kap. 3.5.2) ausgewertet, schließlich wurden einzelne Pflanzenfamilien und Spezies betrachtet.

Tabelle 10: Gleichungen zur Schätzung der dOS von Blattmaterial (außer Gruppen NIR) aus chemisch und enzymatisch bestimmten Parametern (ARBELOT 1993)

Gruppe (n)	dOS	s	Gleichung	r ²	s _{y.x}
alle Blätter (335)	48,3	12,4	0,63SMO + 0,28NDF + 0,32 XP	0,74	6,39
Leguminosen (77)	40,9	8,5	0,71SMO + 0,15NDF	0,81	3,79
Nicht-Legumin. (117)	51,2	13,7	0,85SMO + 0,47Cel	0,89	4,58
Gr. 1 (günstig) (113)	56,6	11,0	0,47SMO + 0,42NPro + 0,65XL + 23,70,50	7,89	
Gr. 2 (ungünst.) (138)	40,4	8,2	0,87SMO + 0,76NDF - 0,42XF - 24,8	0,72	4,39
Gruppe 1 NIR (88)	44,3	8,3	0,29SMO - 0,32XF + 0,57Cel + 0,59INADF + 20,26	0,71	4,62
Gruppe 2 NIR (18)	52,8	5,6	0,31SMO + 0,85NPro + 26,01	0,91	1,76
Gruppe 3 NIR (47)	57,4	6,0	0,29SMO + 0,92NPro + 0,54INADF + 39,82	0,57	4,09
Gruppe 4 NIR (13)	75,3	8,1	- 0,83ADL + 82,89	0,71	3,51
Mimosaceae (44)	47,1	9,9	0,40SMO + 24,59	0,66	6,68
Anacardiaceae (16)	45,9	4,4	0,23SMO - 0,45Cel + 43,18	0,62	2,78
Moraceae (28)	52,2	8,3	0,45SMO + 0,75Cel	0,77	3,69
Caesalpiniaceae (35)	43,0	6,6	0,59SMO + 0,49NDF - 0,34XF + 0,43INADF	0,87	2,80
Fabaceae (25)	48,1	13,0	1,11SMO + 0,38Cel - 1,39NPro	0,91	3,09
Ficus sur Forsk (12)	45,4	5,8	0,96SMO	0,55	4,08
Boscia senegalens. (16)	53,6	2,5	0,45SMO - 0,92NPro + 38,91	0,56	1,74
Spondias mombin (9)	48,2	3,9	- 0,67ADF + 70,51	0,73	2,19
Ziziphus mauritan. (9)	50,3	5,7	0,51SMO + 1,59Hemic + 39,09	0,77	3,18
Piliostigma thonn. (8)	42,4	4,8	- 0,77XF + 64,62	0,79	2,39
Parkia biglobosa (6)	31,5	2,0	0,66Hemic + 25,03	0,80	1,01
Ficus sycomorus (14)	52,4	5,4	0,37SMO + 0,42Cel + 1,16XP	0,85	2,39
Guiera senegalens. (9)	35,8	5,9	- 1,08XF + 65,26	0,79	2,65
Acacia nilotica (11)	50,9	8,0	2,82INADF	0,65	4,37
Pterocarpus erinac. (14)	44,9	8,3	0,93SMO	0,91	2,61
Daniellia oliveri (18)	41,8	7,7	1,72XP + 19,91	0,93	1,86
Morinda lucida (10)	57,7	4,1	- 0,79ADF - 2,03NPro + 94,33	0,93	1,29

Zunächst bringt die Auftrennung nach Leguminosen und Nicht-Leguminosen eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit, nicht dagegen eine hierarchische Untergliederung in Gruppen "günstiger" und "ungünstiger" Zusammensetzung. Die Untergliederung nach NIR-Spektren bzw. Pflanzenfamilien kann ebenfalls nicht immer befriedigen. Auf der Stufe einzelner Spezies wird zwar die Zahl der Beobachtungen und die Streuung der Werte geringer, was ein geringeres R^2 zur Folge hat. Dennoch ist der Restfehler der Gleichungen oft relativ niedrig.

Leider enthalten die meisten der Gleichungen die Zellulaselöslichkeit als Schätzglied. Dies ist insofern problematisch, da wie schon erwähnt, deren Bestimmung im Vergleich zur direkten Messung der in vitro-Verdaulichkeit mindestens mit dem gleichen analytischen Aufwand verbunden ist, so daß diese Gleichungen mehr von theoretischem Interesse bleiben. Umso wichtiger erscheint die Tatsache, daß erst auf der Stufe der Einzelspezies häufig Gleichungen gefunden werden mit anderen Parametern, meist sind es verschiedene Zellwandbestandteile, was eine echte Vereinfachung bedeutet. Allerdings ist zu betonen, daß diese Schätzgleichungen streng spezifisch für die einzelnen Spezies gelten und nicht übertragbar sind. Das wird auch daran deutlich, daß hier weder die Variablen noch deren Koeffizienten irgendeine Konstanz zeigen.

Entsprechende Schätzfunktionen wurden von ARBELOT (1993) auch für die Proteinverfügbarkeit in vitro errechnet, die in Tabelle 11 zusammengestellt sind. Die Aufteilung des Blattmaterials erfolgte in Leguminosen und Nicht-Leguminosen, einzelne Pflanzenfamilien und nach einigen einzelnen Spezies. Zu beachten ist, daß die Proteinverfügbarkeit hier in der Dimension "% verfügbarer N in der Trockensubstanz" angegeben ist.

Tabelle 11: Gleichungen zur Schätzung der Proteinverfügbarkeit (PAB) von Blattproben aus chemisch und enzymatisch bestimmten Parametern (ARBELOT, 1993).

Gruppe (n)	PAB	s	Gleichung	r^2	$s_{y,x}$
alle Blätter (84)	2,4	3,3	$0,04SMS + 0,02ADFIN + 0,24TanP - 1,99$	0,51	1,8
Leguminosen (41)	2,4	3,1	$0,35ADFIN + 0,43XL + 0,16Cel - 7,14$	0,53	1,9
Nicht-Legumin. (43)	2,5	3,4	$0,38ADFIN - 0,08XX - 0,16Hemic$	0,70	1,4
Mimosaceae (18)	2,7	3,0	$0,74NPro + 0,45XL$	0,58	2,1
Caesalpiniaceae (12)	1,1	1,4	$0,28ADFIN + 0,09NDF - 6,21$	0,81	0,7
Moraceae (13)	2,1	2,1	$0,46ADFIN - 2,96$	0,77	1,0
Fabaceae (11)	3,1	4,1	$0,30SMS + 1,50NPro - 17,34$	0,92	0,8
Ficus sycomorus (10)	0,6	0,4	$0,11XP + 0,05ADL - 1,01$	0,75	0,1
Pterocarpus erinac.(6)	3,4	3,0	$0,39SMS - 16,0$	0,84	1,3
Daniellia oliveri (7)	0,8	0,8	$0,38ADFIN - 1,75$	0,86	0,4

Es bestehen gesicherte Beziehungen zwischen der Proteinverfügbarkeit und anderen Parametern. Wie zu erwarten sind dies zumeist Kennzahlen zur Charakterisierung der N-Fraktion, wie XP, ADF-löslicher N, pronaselöslicher N aber auch der Tanningehalt. Allerdings ist zu betonen, daß die Schätzgleichungen eine sehr große Reststreuung beinhalten.

3.5.2. NIRS

Auch SINNAEVE et al. (1994) konnten durch Bildung von Produktgruppen nach Ähnlichkeit der NIRS-Spektren zum Teil erhebliche Verbesserungen der Vorhersagegenauigkeit mit dieser Methode erreichen. Folgende Gruppen wurden gebildet mit den folgenden Leitspezies:

Gruppe 1	<i>Acacia senegal</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i>
Gruppe 2	<i>Boscia senegalensis</i>
Gruppe 3	<i>Ficus sycomorus</i> , <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Ziziphus mauritania</i>
Gruppe 4	<i>Salvadora persica</i>

Tabelle 12: Schätzgenauigkeit der in vitro Parameter bei verschiedenen botanischen Gruppen, die aufgrund ihrer Ähnlichkeit der Spektren gebildet wurden (SINNAEVE et al. 1994)

Parameter	n	MW	SD	Kalibrierung		Validierung	
				SE	R ²	SE	R ²
Gruppe 1							
Gasbildung	96	18,7	6,1	1,47	0,94	1,63	0,93
dOS	87	30,2	6,9	3,28	0,74	4,03	0,60
ME	87	1899	272	153	0,68	176	0,60
Gruppe 2							
Gasbildung	36	24,1	3,9	1,26	0,86	1,64	0,77
dOS	35	51,8	5,4	1,53	0,90	2,13	0,82
ME	33	1592	193	72	0,83	96	0,71
Gruppe 3							
Gasbildung	181	20,5	8,9	3,3	0,86	3,86	0,81
dOS	167	46,3	9,4	2,91	0,91	3,35	0,88
ME	153	1419	328	134	0,83	161	0,76
Gruppe 4							
Gasbildung	35	34,3	9,1	2,5	0,93	3,3	0,87
dOS	35	67,5	14,9	1,81	0,99	2,55	0,97
ME	28	1854	283	145	0,65	173	0,5

In den meisten Fällen wird die beste Schätzgenauigkeit bei der Verdaulichkeit der OS erreicht, möglicherweise da zu deren Berechnung neben der Gasbildung auch der Rohproteingehalt mit eingeht, der mit NIRS immer mit großer Zuverlässigkeit bestimmt werden kann. Warum die Schätzung der ME in der Regel schlechter möglich ist, bleibt fraglich, da zu deren Berechnung mit Ausnahme des Rohfettgehaltes dieselben Analysenwerte eingehen (Gb; XP, XA).

3.5.3. Charakterisierung des Futterwertes von *Faidherbia albida* (*Acacia albida*)

Faidherbia albida gebührt aufgrund seiner Verbreitung und seiner Nutzung als Futterpflanze besondere Beachtung. Daher wurde aus dem in den vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Datenmaterial eine gesonderte Auswertung in Bezug auf die Futterwerteigenschaften vorgenommen. Zunächst seien nochmals die wichtigsten Kennzahlen der Futterwerteigenschaften für alle Pflanzenorgane, sowie für Blattmaterial und Früchte zusammengestellt (Tabelle 13).

Es wird deutlich, daß eine Auftrennung nach Pflanzenorganen sinnvoll ist, da sich Blätter und Früchte nicht nur in den *in vitro*-Parametern unterscheiden, sondern auch charakteristische Unterschiede in der Nährstoffzusammensetzung bestehen. Das Blattmaterial hat trotz höheren Rohprotein- und Rohfettgehalten eine geringere Gasbildung, Verdaulichkeit und einen geringeren ME-Gehalt. Dies kann primär aus dem höheren Lignifizierungsgrad erklärt werden. Auch die Rohproteinfraktion hat unterschiedliche Eigenschaften. Die Proteinverfügbarkeit *in vitro* ist in den Blättern niedriger, was im Einklang mit einer geringeren Pronaselöslichkeit und höheren ADF-N-Gehalten steht. Eine Ursache hierfür dürfte auch im höheren Tanningehalt der Blätter liegen (2,4 gegenüber 0,6 %). Die Rohfaser scheidet als Bewertungsmaßstab aus, da der Gehalt in den Blättern unter dem in den Früchten liegt und damit in inverser Beziehung zur Verdaulichkeit *in vitro* und auch zur Cellulaselöslichkeit steht.

Tabelle 13: Nährstoffzusammensetzung und Futterwerteigenschaften von *Faidherbia albida* (alle Proben aus den in vitro-Untersuchungen)

Probe		Gb	dOS	ME	PAB	XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	SMS	NPro	NADF
Faidherbia	n	22	22	22	11	22	22	22	22	22	22	22	20	21	22
albida	MW	31,1	53,2	1790	11,8	7,2	13,4	2,9	25,0	42,8	32,6	12,3	58,7	41,6	18,7
Gesamt	SD	12,2	9,7	401	10,3	3,1	4,2	1,9	7,4	9,0	9,4	6,6	13,9	22,0	11,1
	Min	12,1	38,1	1088	0	3,7	5,6	0,7	8,1	21,1	15,7	4,2	32,0	13,7	5,2
	Max	61,2	83,7	3050	35,0	12,4	26,8	7,7	44,5	66,0	57,4	34,2	92,9	77,0	47,4
Faidherbia	n	12	12	12	7	12	12	12	12	12	12	12	10	11	12
albida	MW	22,7	47,8	1573	7,0	9,6	14,4	4,1	23,9	44,5	33,8	15,6	48,7	24,5	24,8
Blätter	SD	7,5	6,1	266	6,1	2,0	2,6	1,7	7,9	10,1	11,6	7,3	9,9	12,6	11,5
	Min	12,1	38,1	1088	0	5,1	10,3	1,3	15,5	31,0	19,7	7,9	32,0	13,7	9,7
	Max	35,4	55,0	1915	17,7	12,4	18,0	7,7	44,5	66,0	57,4	34,2	57,0	60,3	47,4
Faidherbia	n	10	10	10	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
albida	MW	41,1	59,7	2051	20,4	4,4	12,2	1,4	26,3	40,6	31,1	8,3	68,7	60,5	11,2
Früchte	SD	8,5	9,4	388	11,3	0,6	5,5	0,6	6,7	7,5	6,0	1,9	9,2	12,1	4,0
	Min	29,3	48,7	1610	7,7	3,7	5,6	0,7	8,1	21,1	15,7	4,2	61,9	40,6	5,2
Samen	Max	61,2	83,7	3050	35,0	5,7	26,8	2,5	32,1	47,9	35,9	10,4	92,9	77,0	18,5

Im folgenden wurden eine Reihe von Regressionsgleichungen berechnet, mit dem Ziel, die in vitro-Parameter zu schätzen (Tabelle 14). Hierbei konnten für die Produktgruppe der Blätter keinerlei signifikante Gleichungen gefunden werden, weshalb diese hier nicht dargestellt sind.

Tabelle 14: Regressionsgleichungen zwischen dOS (y) und anderen Parametern bei *Faidherbia albida* (Früchte)

x =	Gleichung	n	r ²	RSD (%)	sign.
XP	$y = 1,45 x + 42,0$	10	0,72	8,9	**
XF	$y = - 1,30 x + 93,76$	10	0,86	6,2	***
NDF	$y = - 1,17 x + 107,36$	10	0,87	6,0	***
ADF	$y = - 1,46 x + 105,2$	10	0,88	5,9	***
ADL	$y = - 3,81 x + 91,17$	10	0,56	11,1	*
Cell.	$y = - 2,02 x + 105,8$	10	0,91	5,1	***
ADF +NADF	$y = - 1,85x_1 + 0,77x_2 + 108,6$	10	0,92	5,1	***

Es bestehen in der Gruppe der Früchte deutliche Abhängigkeiten zwischen der in vitro Verdaulichkeit und chemisch bestimmten Inhaltsstoffen. Besonders aus den diversen Gerüstsubstanzfraktionen ist eine gute Schätzung der Verdaulichkeit möglich. Für die praktische Anwendung kann die Gleichung aus der ADF empfohlen werden, die sehr gute statistischen Kennzahlen aufweist. Diese Schätzgleichung bedeutet insofern eine wirkliche Vereinfachung, da sich die ADF leicht und mit guter Wiederholbarkeit bestimmen läßt.

Leider war eine entsprechende Beziehung bei der Gruppe der Blätter nicht vorhanden, so daß hier keine Möglichkeit besteht, die Verdaulichkeit aus diesen Kennzahlen zu schätzen.

Eine Schätzung aus dem gesamten Kollektiv der Blätter und Früchte führt auch nicht zu befriedigenden Schätzgenauigkeiten. Die Eigenschaften von Blättern und Früchten unterscheiden sich so stark, daß es nicht möglich ist, eine gemeinsame Schätzgleichung zu empfehlen.

4. Schlußfolgerungen

Die Verdaulichkeit bzw. der Energiegehalt von Futtermitteln stellt eine entscheidende Kenngröße für deren Futterwert dar. Zusätzlich ist neben der Kenntnis des Proteingehaltes eine Aussage über dessen Verfügbarkeit bzw. ruminale Abbaubarkeit wünschenswert.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des vorliegenden Programms entsprechende Untersuchungen mit Hilfe von in vitro-Methoden mit Pansensaft durchgeführt. Es wurde die in Hohenheim entwickelte Gasbildungsmethode angewandt, die es aufgrund ihrer einfacheren Durchführbarkeit gegenüber anderen in vitro-Methoden erlaubte, einen Großteil des vorliegenden Probenmaterials untersuchen zu können.

Die Gasbildungsmethode wurde anhand von insgesamt 400 Proben mit bekannter in vivo-Verdaulichkeit kalibriert und an 300 Proben validiert (MENKE u. STEINGASS 1988). Dieses dabei zugrundeliegende Probenmaterial setzte sich aber überwiegend aus verschiedenen Grundfuttermitteln gemäßiger Breiten zusammen. Vergleiche mit in vivo-Werten tropischer Futterpflanzen waren bisher nur in Einzelfällen möglich, zeigten aber eine generelle Übereinstimmung im Rahmen der üblichen Fehlergrenzen. Da das Kalibrierungsmaterial eine ähnlich große Streubreite in der Verdaulichkeit der OS (29,7 - 94,8 %) wie das vorliegende Untersuchungskollektiv aufweist (16,0 - 87,3 %), wird von einer generellen Brauchbarkeit der verwendeten Berechnungsformeln ausgegangen. Als weiterer Hinweis hierfür kann die Tatsache gelten, daß eine relativ enge Beziehung zwischen der Verdaulichkeit nach der Gasbildungsmethode und der davon völlig unabhängigen Methode der Cellulaselöslichkeit (SMS bzw. SMO) besteht, die ebenfalls als zuverlässige Schätzmethode für die Verdaulichkeit gilt. Diese bestehende Korrelation, die bei einzelnen Futtermittelgruppen teilweise sehr eng ist, dürfte nicht bestehen, wenn eine der beiden Methoden grundsätzlich ungeeignet zur Schätzung der Verdaulichkeit wäre.

Dennoch erscheint es vordringlich erforderlich, einen Vergleich dieser beiden Methoden anhand einer größeren Zahl von in vivo Verdaulichkeitsversuchen von tropischen Blattfutterstoffen vorzunehmen und um gegebenenfalls die Berechnungsgleichungen an dieses Probenkollektiv angleichen zu können.

Eine weitere Frage bei den vorliegenden Untersuchungen war, die Ergebnisse der Gasbildungsmethode als der am nächsten zum Tierversuch stehenden Methode, mit Hilfe einfacher chemisch-analytischer und physikalischer Verfahren zu schätzen. Dabei konnte festgestellt werden, daß für das gesamte Probenmaterial eine zuverlässige Schätzung mit keinem der zur Verfügung stehenden chemisch bestimmten Parametern möglich war. Weder die Rohnährstoffgehalte, noch die Gerüstsubstanzfraktionen oder die Proteinfractionen waren hierzu geeignet. Der Grund liegt in der sehr großen Hererogenität des untersuchten Pflanzenmaterials, das eine Vielzahl verschiedener Pflanzenfamilien und -Organe beinhaltet. Auch die Anwesenheit von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, wie Tanninen oder Lignin scheint hier von Bedeutung zu sein.

Eine derartige Schätzung aus einfach bestimmbar chemischen Parametern führt erst dann zu einer vernünftigen Genauigkeit, wenn spezifische Produktgruppen bis hin zu einzelnen Pflanzenorganen und -Spezies gebildet werden, und selbst dies nicht in allen Fällen. Dies konnte am Beispiel von *Faidherbia albida* demonstriert werden. Der Einfluß des Standortes und des Pflanzenalters auf die Verdaulichkeit scheint hierbei von weniger großer Bedeutung zu sein, bzw. er kann in vielen Fällen offenbar durch die Änderung der chemischen bestimmten Inhaltsstoffe beschrieben werden. Es ist zu betonen, daß solche spezifischen Schätzfunktionen aufgrund des geringen Stichprobenumfangs allerdings an Robustheit verlieren.

Ein weiterer großer Nachteil der Bildung von Produktgruppen ist, daß die daraus ermittelten Schätzgleichungen sehr spezifisch bleiben und nicht auf andere Proben übertragen werden können. Allerdings liegen im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen von einem Großteil der wichtigen und als Futtermittel genutzten Pflanzenarten eine ausreichende Zahl von Werten vor, so daß einmal direkt Datenblätter mit aussagefähigen Kennwerten zum Futterwert erstellt werden konnten, zum anderen können daraus Schätzungen der Verdaulichkeit mit Hilfe einfacher Kennzahlen vorgenommen werden.

Als ein sehr brauchbares Verfahren, nicht nur zur Schätzung der Nährstoffzusammensetzung, sondern auch der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes, hat sich die Nah-Infrarot-Spektroskopie erwiesen. Allein mit dieser Methode war es möglich, die relevanten Futterwertkennzahlen mit guter Genauigkeit zu schätzen, ohne von vornherein Produktgruppen bilden zu müssen. Es wurden robuste und ausreichend genaue Schätzfunktionen ermittelt, sodaß für künftige Untersuchungen von entsprechendem Probenmaterial der Einsatz dieser Methode zur Vorhersage der Nährstoffzusammensetzung und des Futterwerts entsprechender Futtermittel empfohlen werden kann.

Die ruminale Proteinverfügbarkeit in vitro (PAB) wurde an 221 Proben bestimmt. Die Werte lagen in der Regel sehr niedrig und betrugen nur in Einzelfällen mehr als 50 %. Der Nachteil dieser Methode ist, daß sie im Gegensatz zur Verdaulichkeit der OS nicht an in vivo Werten geeicht wurde und auch nicht auf entsprechende Weise geeicht werden kann. Dennoch gibt diese Methode eine zusätzliche Information über die Qualität des Rohproteins. Es konnten aber, zumindest für einzelne Produktgruppen, Korrelationen mit den anderen Qualitätsparametern des Proteins und den Tanningehalten festgestellt werden (siehe Tabelle 11). Nur bei Proben ohne Tannin, niedrigen Gehalten an NADF und hoher Pronaselöslichkeit war auch der PAB überdurchschnittlich hoch. Daraus kann gefolgert werden, daß diese Methode für ein erstes "screening" geeignet ist. Wird nämlich festgestellt, daß z.B. der PAB größer 30 % beträgt, kann geschlossen werden, daß zugleich die Tanningehalte und die NADF-Gehalte sehr niedrig sein müssen und zugleich die Pronaselöslichkeit hoch ist.

Eine Verbesserung der Aussagefähigkeit dieser Methode kann erwartet werden, wenn es gelingt, in vivo- bzw. in sacco-Daten zum Proteinabbau als Vergleich heranzuziehen, um doch eine gewisse Kalibrierung zu ermöglichen, obwohl hier sicher ein wesentliches Problem die Standardisierung des Tierversuchs bedeutet.

Insgesamt konnten die vorliegenden Untersuchungen dazu beitragen, im Zusammenhang mit den anderen Teilprojekten eine umfassende Übersicht über den Futterwert afrikanischer Strauch- und Laubfutterstoffe zu erstellen. Für alle wichtigen Pflanzenarten können daraus Datenblätter mit den relevanten Kennzahlen erstellt werden, was dem Benutzer in der Praxis eine zuverlässigere Berechnung von Futterrationen erlaubt.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Gehalt an Umsetzbarer Energie von insgesamt 1123 Proben afrikanischer Futtersträucher und -Bäume mit Hilfe der Gasbildungsmethode (MENKE u. STEINGASS 1988) untersucht. Zusätzlich wurde die ruminale Proteinverfügbarkeit von einem Teil dieser Proben bestimmt.

Die mittlere Verdaulichkeit des Untersuchungsmaterials betrug etwa 50 % bei einem Gehalt an Umsetzbarer Energie von durchschnittlich 1620 Kcal/kg T und wies je nach Pflanzenspezies und -Organ erhebliche und für die jeweilige Art charakteristische Unterschiede auf. Die Proteinverfügbarkeit in vitro war im Mittel mit 17 % sehr gering.

Aufgrund der sehr großen Heterogenität des Untersuchungsmaterials konnten keine befriedigend genauen Schätzfunktionen zwischen diesen in vitro-Parametern und chemisch bzw. enzymatisch ermittelten Kennzahlen gefunden werden. Erst die Bildung spezifischer Produktgruppen (einzelne Spezies und Organe) erlaubt in vielen Fällen eine befriedigende Möglichkeit der Schätzung aus den einfach bestimmbaren chemischen Kennzahlen.

Eine gute Schätzung der in vitro-Parameter war jedoch mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie anhand des Gesamtmaterials möglich, so daß diese Methode für künftige Untersuchungen derartiger Proben empfohlen werden kann.

6. Literaturverzeichnis

ARBELOT, Brigitte (1993) - Prediction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. Programme EEC-ST2/215. Mémoire de DEA "Nutrition : Aspects moléculaires et cellulaires" INA-Paris Grignon ; Université d'Aix-Marseille II et III :36

DIAGAYETE, M. (1981) - Untersuchungen zur Erweiterung der Kenntnisse über den Futterwert westafrikanischer Futterpflanzen. Dissertation, Fak. IV, Univ. Hohenheim.

LEINMÜLLER, Edith (1989) - Wirkungen tanninhaltiger Futtermittel auf den Protein- und Kohlenhydratstoffwechsel in Pansensaft in vitro. Dissertation, Fak. IV, Univ. Hohenheim.

MENKE, K.H., L.RAAB, A.SALEWSKI, H.STEINGASS, D.FRITZ and W.SCHNEIDER (1979) - The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. agric. Sci. Camb. 93: 217 - 222

MENKE, K.H. and H.STEINGASS (1988) - Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Developm. 28: 7 - 55

RITTNER, U. (1992) - Polyphenolics of African Multipurpose Trees and Shrubs and Their Effects in Ruminant Nutrition. Dissertation, Fak. I, Univ. Hohenheim.

ROTHFUSS, H. (1991) - Untersuchungen zum Rohproteinabbau von Heu in sacco und in vitro. Diplomarbeit, Inst. f. Tierernährung, Univ. Hohenheim

SINNAEVE, G., P.DARDENNE, P.LECOMTE et R.BISTON (1994) - Prevision par la spectrometrie dans le proche infrarouge de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique ou in vitro des fourrages ligneux. In: GUERIN, H. (ed.) Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommé par les ruminants en Afrique centrale et de l'ouest. EGXII - Programm ST2/89/215. Maisons Alfort. CIRAD-IEMVT

THOMSEN, K.V. (1985) - The specific nitrogen requirements of rumen microorganisms. Acta Agric. Scand. Suppl. 25: 125 - 131

TILLEY, J.M.A. and R.A.TERRY (1963) - A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18: 104 - 111

K A P I T E L VII

IN VITRO UNTERSUCHUNGEN ZUR ERMITTLUNG DER VERDAULICHKEIT,
DES GEHALTES AN UMSETZBARER ENERGIE UND DER
PROTEINVERFUGBARKEIT BEI TROPISCHEN FUTTERBAUMEN UND BUSCHEN

CHAPTER VII

IN VITRO STUDIES FOR THE PREDICTION OF DIGESTIBILITY,
METABOLISABLE ENERGY CONTENT AND PROTEIN FERMENTABILITY
OF SHRUB AND TREE FODDERS

C H A P I T R E VII

MESURES IN VITRO DE LA DIGESTIBILITE POUR ESTIMER
LES TENEURS EN ENERGIE METABOLISABLE ET EN
AZOTE DEGRADABLE DANS LE RUMEN DES FOURRAGES LIGNEUX

Herbert STEINGASS¹, Brigitte ARBELOT²

¹ Institut für Tierernährung - Universität Hohenheim Emil-Wolff-Strasse 10
70593 Stuttgart - Allemagne

² CIRAD-EMVT - 10 rue Pierre Curie - 94704 Maisons Alfort Cedex - France

CCE.DGXII - ST2 - 1994. In vitro Untersuchungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit, des Gehaltes an Umsetzbarer Energie und der proteinverfügbarkeit bei tropischen Futterbäumen und Büschen - Kapitel VII
in: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT.

Table of contents

1. Introduction	31
2. Materials and methods	32
2.1. Gas production method	32
2.2. Estimation of protein availability	34
3. Results and discussion	36
3.1. Review over the total sample pool	36
3.2. Results of in vitro investigations of single species	36
3.3. Relation between in vitro-digestibility and chemical parameters	44
3.4. Estimation of in vitro digestibility by near-infrared-reflectance spectroscopy	47
3.5. Results of different product groups	47
3.5.1. Relation between in vitro digestibility and chemical or enzymatical parameters	47
3.5.2. NIRS	52
3.5.3. Characterization of nutritive value of <i>Faidherbia albida</i>	53
4. Conclusions	55
5. Summary	57
6. Literature	58

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Material und Methoden	2
2.1. Gasbildungsmethode	2
2.2. Schätzung der Proteinverfügbarkeit	5
3. Ergebnisse und Diskussion	7
3.1. Überblick über das gesamte Probenmaterial	7
3.2. Ergebnisse der in vitro-Untersuchungen einzelner Spezies	8
3.3. Beziehung zwischen den in vitro-Verdaulichkeitsparametern chemisch- und enzymatisch bestimmten Kennzahlen	16
3.4. Schätzung der in vitro-Verdaulichkeitsparameter mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie	19
3.5. Teilauswertungen	20
3.5.1. Beziehung der in vitro-Parameter zu chemisch und enzymatisch bestimmten Kennzahlen	20
3.5.2. NIRS	24
3.5.3. Charakterisierung des Futterwertes von <i>Faidherbia</i> albida	25
4. Schlußfolgerungen	27
5. Zusammenfassung	29
6. Literaturverzeichnis	30

List of abbreviations

T, DM	Dry matter
XA	Crude ash
OS	Organic matter
XP	Crude protein
XL	Crude lipids
XF	Crude fiber
XX	N-free extractives
NDF	Neutral detergent fiber
ADF	Acid detergent fiber
ADL	Acid detergent lignin
Hemic	Hemicellulose
Cell	Cellulose
Gb	Gas production (ml/200 mg DM in 24 h)
dOS	organic matter digestibility
ME	Metabolizable energy
PAB	Protein availability; protein degradability in rumen liquor in vitro
SMS	Pepsin-cellulase-solubility of dry matter
SMO	Pepsin-Cellulase-solubility of organic matter
NPro	Protein solubility in pronase
NADF	ADF-bound nitrogen
ADFIN	Acid-detergent-soluble N (XP - NADF)
TanP	BSA-precipitable tannins (Grillet and Villeneuve 1994)
NIRS	Near-infrared-reflectance-spectroscopy
n	number of investigations
MW	Mean
SD	Standard deviation
RSD	Residual standard deviation (as % of mean)
Min	Minimum
Max	Maximum
r	Coefficient of correlation
r ²	Coefficient of determination

1. Introduction

Nutrition of ruminants in West Africa is mainly based on crop residues and natural pastures which are of low quality especially in the dry season. Besides its low protein content and low protein availability frequently the low energy content is limiting production, hence allowing only poor levels of performance. To increase productivity of animals, supplementation is necessary, but the use of suitable industrial byproducts or concentrates is limited due to its availability and costs, however. On the other hand, a lot of different browse species are growing at these sites of which leaves, branches and fruits can be utilized as feeds and which play an important role as supplements, as they maintain a more favourable nutrient quality during the dry season.

The knowledge of the nutritive value of these browse species is still limited and not systematically investigated (DIAGAYETE 1981; RITTNER 1992). Therefore, the aim of this project was to assess a systematical and comprehensive review of the nutritive value of browse species. For this purpose, it is not sufficient however, to analyze only crude nutrient and mineral contents, also the consideration of secondary plant ingredients is necessary. Most important seems to be the estimation of digestibility and energy content, as energy is in most cases the first limiting factor that restricts productivity.

For the determination of digestibility normally the standardized digestion trial using small ruminants is applied as the reference method. But especially under conditions in the tropics it is often difficult or even impossible for several reasons to carry out digestibility trials with animals. In addition, this method is not suitable to test large numbers of feedstuffs as it was necessary in the present study. As an alternative, *in vitro* methods to predict digestibility and energy content can be used. With these methods it is possible to analyze large numbers of samples spending only moderate amounts of cost and time and, what is essential, with a sufficient accuracy of prediction allowing to gather a comprehensive review of the energetic feed value. In addition, these *in vitro* methods can be used for the calibration of even more simplified indirect methods, as for example the technique of near-infrared-reflectance spectroscopy.

In the present study the gas production method (MENKE et al. 1979) was applied. In comprehensive investigations (MENKE and STEINGASS 1988) the capacity and accuracy for prediction of the energetic feed value could be demonstrated for this method. Using a modification of this technique (LEINMÜLLER 1989) it was also possible to estimate the availability of nitrogen in the rumen, an information which is of particular importance in browse as these feeds frequently contain secondary substances, for example tannins.

2. Materials and methods

2.1. Gas production method

The principle of this method is that the amount of gas which is released during the incubation of feedstuffs with rumen liquor in vitro is closely related to digestibility and hence energetic feed value of feedstuffs for ruminants. The gas (CO_2 and CH_4) originates mainly from the degradation of carbohydrates. Therefore, gas production is primarily a measure of digestibility of carbohydrates. On the contrary, lipids have a high energy content, whereas their contribution to total gas production is only small. A similar situation is found for crude protein: indeed, comparable amounts of gas are produced from degradation of amino acids as from carbohydrates, but this CO_2 does not quantitatively appear in the gas phase, as NH_4HCO_3 is formed from CO_2 and NH_3 which is simultaneously released from protein degradation so that the prevailing amount of CO_2 is not measured. The consequence is that for a most accurate prediction of digestibility the contents of crude protein and crude fat of the feeds under test have to be used in addition to gas production. Therefore, the equations for the prediction of digestibility and ME (see below) contain crude protein and crude fat besides gas volume as independent variables.

The gas production method was carried out according to MENKE and STEINGASS (1988) with the exception that for each sample 2 parallel measurements were taken at 2 different days so that the mean was calculated from 4 single observations. At the same time where gas production was measured, dry matter content of the samples (4 h at 376°K) was determined in order to correct gas production exactly to 200 mg DM.

The incubation with rumen liquor was carried out in a ventilated oven at 312°K for 24 hours. As donor animals for rumen liquor 2 lactating Holstein cows with permanent rumen cannula were used. The cows were fed according to milk yield with a ration consisting of 70 % grass hay and 30 % concentrates. Rumen liquor was taken before morning feeding and mixed from both cows.

From total gas production of the samples blank values (gas production from inoculum without feed) was first subtracted followed by a factor correction using standard feedstuffs (hay and concentrate with defined gas production). For the calculation of OM-digestibility and ME-content the following equations were used (MENKE and STEINGASS 1988):

digestibility of organic matter (dOS; %)

$$\text{dOS} = 14.88 + 0.8893 \text{ Gb} + 0.448 \text{ XP} + 0.651 \text{ XA}$$

metabolizable energy (ME; MJ/kg T)

$$\text{ME} = 1.68 + 0.1418 \text{ Gb} + 0.073 \text{ XP} + 0.217 \text{ XL} - 0.028 \text{ XA}$$

XA, XP, XL	as % of T
Gb	as ml/200 mg T in 24 h

These equations were derived from 400 feedstuffs with known in vivo digestibility. These feeds were of very heterogenous composition. dOS ranged between 29.7 and 94.8 %, the

ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE DE LA
MATIERE ORGANIQUE A PARTIR DE LA
PRODUCTION DE GAZ

Echantillon séché broyé

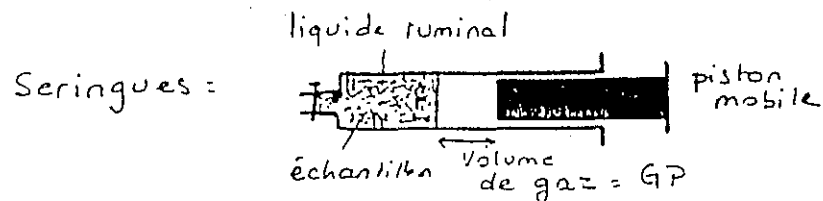
Animaux donneurs : 2 Bovins
ration standardisée
prélèvement du jus de rumen

Jus de rumen + solutions (1/2V)

Seringues :

- 4* "Blancs" : 30 ml sol. (GP₀)
- 4* Contrôles :
200mg luzerne standard (GP1)
200mg concentré standard (GPc)
- 2* échantillons à tester : 30ml sol. +
200mg éch.

Incubation : Rolleur 39°C 24h
lecture V₀ V_a V_∞



L'échantillon est incubé avec du jus de rumen dans un tube calibré fermé par un piston mobile à 39°C pendant 24 h. Le volume de gaz produit est corrigé par la production de gaz dans un tube témoin et par celle d'un aliment standard. Faute de données relatives aux fourrages ligneux tropicaux, l'équation de prévision de la DMO à partir de la production de gaz utilisée est une équation générale (page 2)

Calcul de la GP

GP (ml/200mgMS) =

$$\frac{(V24 - V0 - GP0) * 200 * ((GP1 + GPc) / 2)}{\text{pd prise d'essai en mg MS}}$$

Estimation de la DMOGT

$$\text{DMOGT} = 15,38 + 0,8453GP + 0,0595MAT + 0,0675MM$$

DMOGT en %MO
MAT MM en g/kgMS

(Brigitte ARBELOT 1993)

contents of ME varied between 4.1 and 15.3 MJ/kg T, hence covering the expected range of the samples in the present study. The coefficient of determination (r^2) of these equations is 92 and 95 % and the residual standard deviation ($s_{y.x}\%$) is 4.2 and 4.1 % for the estimation of dOS and ME respectively.

In Hohenheim only the gas production of the samples was determined. The crude nutrient composition which is necessary for the calculation of dOS and ME was analysed by other participants of the project. In the present study, gas production was determined in 1123 samples.

2.2. Estimation of protein availability (PAB)

As in the samples under test not only crude protein content is an essential criterium for nutritive value, but as especially in these feedstuffs the presence of tannins and other secondary compounds which may adversely affect protein availability is of special importance, the determination of protein degradability in vitro gains significance. Therefore, in 221 samples, protein degradability in vitro was estimated.

As in vitro method for this purpose a technique developed by LEINMÜLLER (1989) was used. This method is based on investigations of THOMSEN (1985), who determined protein degradability by measuring dry matter digestibility according to TILLEY and TERRY (1963) using a N-deficient in vitro system where carbohydrates are in surplus. The principle of this method is, that dry matter digestibility is linear related to N-availability as long as N is deficient. LEINMÜLLER (1989) has modified this method using gas production in vitro instead of dry matter digestibility as a measure for fermentative activity and hence for N availability. One problem is the choice of a suitable reference-N-source. While THOMSEN has used a urea-amino acid mixture as 100% available N-source, LEINMÜLLER took NH_4HCO_3 . The calculation of N-availability of the samples to be tested is done by comparing the gas production of the sample with gas production measured with the reference N-source at the same N-levels:

$$\text{N-availability; PAB (\% of N)} = \frac{\text{gas production at 2 mg N (sample)}}{\text{gas production at 2 mg NH}_4\text{HCO}_3} * 100$$

To ensure a N-deficiency of the inoculum only 1 ml of rumen liquor was used and the NH_4HCO_3 which is normally added to the buffer was left out. To guarantee a sufficient surplus of carbohydrates 400 mg pure starch was added to each incubation syringe. The samples were incubated in triplicates, the reference N-source was incubated in 5 parallels.

The problem in the estimation of N-degradability is primarily due to a lack of standard samples with known in vivo N-degradability. In a comparison of this in vitro method with N-degradability using nylon-bags on 25 roughage samples, the same ranking of degradability was found in both methods, however (ROTHFUSS 1991). Therefore, the results obtained by this method can be used as a relative measure of N-availability. It is not justified, however, to use these results as absolute values, because it is not possible to define a standardized protein degradability as we are used to do with organic matter digestibility for example.

ESTIMATION DE LA DEGRADABILITE DE L'AZOTE A PARTIR DE LA PRODUCTION DE GAZ

Solutions :

idem DMOGT + Jus de rumen (1/29V)

Seringues :

-3* "blancs" :
400mg d'amidon + solution ruminale

- Témoins (*3) :

0,5mg N	} + 400mg amidon
1mg N	
1,5mg N	
2mg N	
2,5mg N	

N= (NH₄)HCO₃

-2* échantillons à tester :
30ml solution + échantillon (prise
d'essai correspondant à 3mg d'azote)
+ 400mg d'amidon.

Incubation :

Rolleur 48h à 39°C

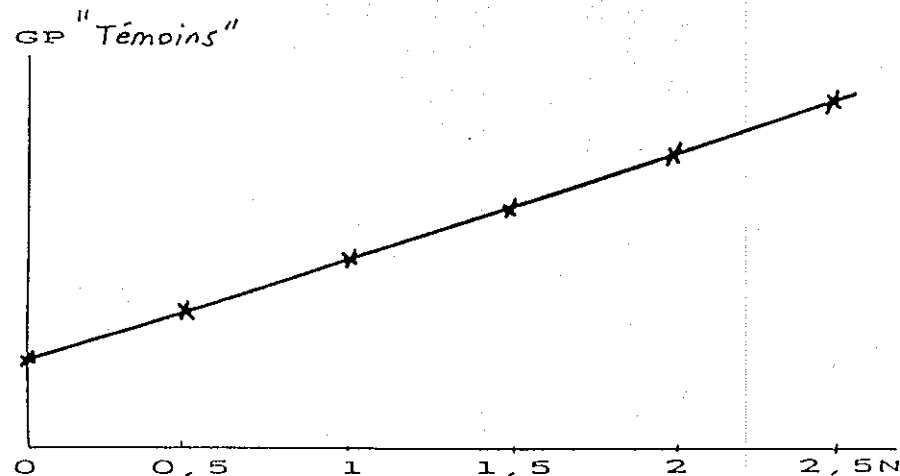
Lecture : 12h, 24h, 32h, 48h.

L'échantillon est incubé dans du jus de rumen en présence d'un excès de sucres fermentescibles (amidon). La production de gaz est donc considérée comme proportionnelle à la quantité d'azote fermentescible. La teneur en azote fermentescible de l'échantillon testé est calculée par une régression linéaire établie à partir de tubes témoins contenant la même quantité d'amidon et des quantités croissantes d'une source azotée fermentescible ((NH₄)HCO₃)

Calcul de la dMAGT

Témoins --> GP (ml/48h) = a + bN(mg)

--> dMAGT en %MAT



(Brigitte ARBELOT 1993)

3. Results and discussion

Review over the total sample pool

In table 1 a review of the in vitro results for the whole sample pool is given. The statistical values here and in the following tables were calculated using only these samples where gas production has been determined. Therefore, deviations in the statistical parameters from the results of other project groups are possible.

As mentioned already, in Hohenheim only gas production (Gb) and protein availability (PAB) were determined. OM-digestibility (dOS) and contents of metabolizable energy (ME) were calculated using gas production (Gb), crude protein (XP), crude ash (XA) or crude lipid (XL) contents respectively. Therefore, the values for these nutrients are shown in the following tables in addition to the in vitro parameters. The dimensions are as follows:

Gb	ml/200 mg dry matter in 24 h
dOS	%
ME	kcal/ kg dry matter
PAB	% of crude protein
XP; XA; XL	% in dry matter

Table 1: Parameters of nutritive value of the whole sample pool

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
all	n	1123	1051	922	221	1055	1051	922
	MW	24,0	49,5	1621	16,6	14,2	10,2	4,0
	SD	11,3	12,3	424	16,8	5,6	6,5	2,5
	Min	0,5	16,0	541	0	0,4	0,7	0,3
	Max	77,2	87,3	3128	87,7	40,1	45,1	19,3

It is apparent, that there is a very large variation in all parameters which covers nearly the whole possible range of nutrient composition of roughages. This is not surprising, however, as here the means are taken over all species and plant organs tested. Therefore, the information from these data is very limited.

3.2. Results of in vitro investigations of single species

Table 2 shows the corresponding results of various single species. Only species and plant organs, respectively, were selected from which a sufficient number of observations (≥ 10) were existing.

Table 2: Parameters of nutritive value of selected species

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Maerua	n	9	9	9	0	9	9	9
crassifolia	MW	40,0	73,4	2383		23,7	18,8	6,4
leaves	SD	2,4	1,3	153		2,9	3,7	1,2
	Min	35,1	71,5	2052		20,7	14,5	5,0
	Max	42,6	75,2	2545		28,4	25,9	8,3
Capparis	n	19	19	19	3	20	20	20
decidua	MW	22,1	46,7	1442	25,7	15,6	8,4	1,6
leaves	SD	5,9	6,9	261	5,4	4,3	1,1	0,4
	Min	15,7	40,4	1224	20,4	9,9	6,4	1,1
	Max	37,1	64,6	2097	31,1	25,1	10,7	2,3
Boscia	n	41	39	34	4	39	39	34
senegalensis	MW	25,4	54,2	1666	23,8	22,5	10,1	2,3
leaves	SD	4,3	4,2	101	7,9	4,8	2,4	0,6
	Min	13,5	46,9	1378	14,0	16,7	6,2	1,2
	Max	40,9	70,2	1914	32,0	35,1	16,5	3,4
Combretum	n	21	19	12	5	19	19	12
glutinosum	MW	11,2	34,7	1515	3,5	11,2	6,7	9,9
leaves	SD	5,3	5,0	195	1,8	2,7	1,4	5,0
	Min	3,6	27,5	1181	1,2	6,1	4,6	0,8
	Max	23,2	44,1	1754	5,3	17,4	10,5	16,4
Combretum	n	10	8	7	4	8	8	7
nigricans	MW	10,9	34,4	1295	0,2	10,9	5,8	6,1
leaves	SD	4,9	4,0	215	0,4	2,5	1,8	3,4
	Min	5,3	29,7	985	0	8,5	4,3	1,8
	Max	19,8	40,6	1628	0,8	14,8	8,9	11,1
Guiera	n	23	20	9	4	20	20	9
senegalensis	MW	12,4	35,8	1252	1,2	12,1	6,4	5,2
leaves	SD	4,4	5,4	126	2,2	3,2	2,2	1,7
	Min	6,7	29,2	1135	0	9,3	1,1	2,6
	Max	23,1	48,1	1490	4,4	20,2	10,6	8,2
Grewia	n	11	10	5	0	10	10	5
bicolor	MW	22,1	50,0	1664		15,7	10,8	5,3
leaves	SD	8,2	5,6	241		5,3	1,8	2,0
	Min	5,8	43,2	1381		4,2	8,1	2,3
	Max	31,8	58,0	1938		25,1	13,2	7,0

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Balanites	n	43	39	31	4	40	39	31
aegyptiaca	MW	30,8	59,8	1862	32,6	15,1	15,9	4,4
leaves	SD	5,2	4,2	133	13,4	4,7	2,5	1,5
	Min	16,8	49,8	1630	20,5	8,8	11,3	2,0
	Max	40,6	72,1	2073	49,7	32,4	22,8	7,7
Bridelia	n	11	10	10	0	10	10	10
ferruginea	MW	13,0	35,2	1216		10,3	6,9	4,9
leaves	SD	3,8	3,6	124		1,0	0,7	1,5
	Min	7,8	31,3	1021		8,5	5,6	3,5
	Max	17,4	40,5	1415		11,9	8,2	8,7
Hymenocardia	n	10	10	9	1	10	10	9
acida	MW	18,9	39,2	1523	18	9,7	4,9	6,2
leaves	SD	8,0	7,7	300		2,6	0,8	1,3
	Min	4,8	25,0	1052		7,0	3,5	4,2
	Max	31,3	50,3	1944		14,3	6,0	7,7
Margaritaria	n	9	9	9	0	9	9	9
discoidea	MW	34,7	56,9	2011		14,4	7,2	4,4
leaves	SD	5,1	5,0	215		1,5	0,5	1,3
	Min	21,9	44,5	1512		12,2	6,0	1,4
	Max	39,3	61,3	2196		16,6	7,9	6,5
Parinari	n	14	14	14	1	14	14	14
curatellifolia	MW	8,6	32,6	879	3,6	8,5	9,6	1,9
leaves	SD	1,6	1,8	77,5		0,8	2,5	0,6
	Min	6,0	29,9	700		6,7	6,3	0,5
	Max	10,8	36,4	987		9,5	15,4	3,3
Bauhinia	n	10	10	8	2	10	10	8
rufescens	MW	19,4	46,1	1471	1,6	14,9	11,1	3,7
leaves	SD	2,9	3,0	178		2,3	2,6	3,0
	Min	15,4	40,7	1235	0	11,3	7,8	2,0
	Max	24,5	51,6	1783	3,1	17,6	16,4	11,0
Bauhinia	n	9	9	6	2	9	9	6
rufescens	MW	16,3	37,5	1234	6,4	11,9	4,3	2,1
fruits	SD	2,9	3,1	68		1,9	0,4	0,3
	Min	12,5	32,2	1150	4,9	8,1	3,7	1,6
	Max	21,4	43,5	1348	7,9	14,9	4,8	2,5

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Piliostigma	n	9	7	6	1	7	7	6
reticulatum	MW	18,3	40,7	1421	12,8	10,8	6,4	3,6
leaves	SD	5,6	5,2	210		1,4	1,7	1,9
	Min	10,2	34,0	1149		8,7	4,1	1,8
	Max	28,6	48,3	1627		13,3	9,0	6,2
Piliostigma	n	25	23	19	3	23	23	19
thonningii	MW	18,8	41,5	1499	7,0	10,6	7,0	5,7
leaves	SD	6,0	4,9	192	0,6	2,5	1,6	2,2
	Min	7,6	33,9	1164	6,5	6,1	4,3	2,7
	Max	33,6	52,1	1888	7,7	16,9	9,8	9,7
Afzelia	n	10	10	10	1	10	10	10
africana	MW	25,5	50,9	1944	26	17,2	8,6	8,4
leaves	SD	4,0	3,6	174		3,4	1,8	2,7
	Min	16,1	42,8	1692		10,4	6,1	4,6
	Max	29,8	55,6	2185		22,0	11,8	12,6
Daniellia	n	28	25	23	9	25	25	23
oliveri	MW	16,4	41,6	1286	7,7	11,6	9,9	3,4
leaves	SD	6,7	6,3	341	6,1	3,6	3,3	1,0
	Min	7,0	33,1	872	0	6,5	4,9	2,2
	Max	37,8	62,9	2356	19,9	23,0	16,3	6,0
Gleditschia	n	26	26	26	1	26	26	26
triacanthos	MW	42,5	60,7	2135	15,7	11,5	4,4	2,3
fruits	SD	7,6	7,5	301		3,3	0,5	0,4
	Min	33,9	51,3	1731		5,9	3,2	1,6
	Max	63,2	82,1	2997		20,1	4,9	3,2
Parkia	n	13	12	8	0	12	12	8
biglobosa	MW	9,9	32,9	1111		11,7	5,7	4,2
leaves	SD	2,6	2,4	52		1,5	1,1	1,3
	Min	5,7	28,2	1046		8,9	4,5	2,7
	Max	13,4	37,3	1198		13,3	8,0	6,2
Leucaena	n	19	19	18	4	19	19	18
leucocephala	MW	28,5	55,7	1920	14,0	22,0	8,5	4,2
leaves	SD	4,6	4,8	205	8,7	4,7	2,9	1,5
	Min	21,7	47,4	1539	3,9	16,9	5,1	2,2
	Max	37,9	64,3	2239	23,8	31,2	18,3	8,5

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Acacia senegal leaves	n	12	12	11	4	12	12	11
	MW	24,3	57,9	1723	13,3	24,6	15,9	3,8
	SD	6,3	6,7	231	12,3	5,9	6,8	1,4
	Min	11,8	45,2	1380	5,6	18,2	8,5	2,2
	Max	34,5	65,5	2077	31,6	34,6	31,5	6,7
Acacia nilotica leaves	n	15	15	14	7	15	15	14
	MW	27,7	52,3	2005	28,4	14,0	10,0	9,5
	SD	5,3	5,8	341	17,8	1,5	3,3	4,3
	Min	13,1	36,1	1341	8,9	11,8	5,2	3,7
	Max	32,3	57,2	2593	54,9	17,4	17,0	19,3
Acacia tortilis leaves	n	12	12	12	8	12	12	12
	MW	22,5	50,4	1579	7,4	16,2	12,7	4,2
	SD	2,7	3,5	161	7,1	3,8	4,3	1,6
	Min	19,4	41,4	1261	0,8	8,6	8,4	2,1
	Max	27,8	55,1	1792	22,5	21,0	21,4	7,3
Acacia tortilis fruits	n	12	12	12	1	12	12	12
	MW	43,0	65,7	2231	4,6	17,7	7,1	2,1
	SD	3,9	3,4	154		2,3	1,8	0,5
	Min	36,7	59,7	1988		15,0	5,1	1,4
	Max	48,2	71,6	2456		21,5	11,0	2,9
Acacia seyal leaves	n	8	8	8	2	8	8	8
	MW	28,7	54,4	1818	35,4	16,8	9,9	4,2
	SD	7,0	3,7	219		5,3	4,0	0,9
	Min	14,4	47,4	1537	11,1	11,5	6,5	2,9
	Max	34,6	58,4	2061	59,7	28,1	18,5	5,7
Faidherbia albida leaves	n	12	12	12	7	12	12	12
	MW	22,7	47,8	1573	7,0	14,4	9,6	4,1
	SD	7,5	6,1	266	6,1	2,6	2,0	1,7
	Min	12,1	38,1	1088	0	10,3	5,1	1,3
	Max	35,4	55,0	1915	17,7	18,0	12,4	7,7
Faidherbia albida fruits	n	10	10	10	4	10	10	10
	MW	41,1	59,7	2051	20,4	12,2	4,4	1,4
	SD	8,5	9,4	388	11,3	5,5	0,6	0,6
	Min	29,3	48,7	1610	7,7	5,6	3,7	0,7
	Max	61,2	83,7	3050	35	26,8	5,7	2,5

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Pericopsis laxiflora	n	14	14	12	4	14	14	12
leaves	MW	8,2	31,9	1018	2,7	16,0	3,8	2,1
	SD	3,7	4,4	177	1,0	3,1	0,9	0,6
	Min	3,8	27,4	825	2,0	12,1	2,9	0,9
	Max	16,9	42,2	1452	4,1	22,3	5,3	3,2
Pterocarpus erinaceus	n	18	17	16	6	17	17	16
leaves	MW	22,6	46,2	1541	21,1	15,8	6,8	3,0
	SD	7,7	8,2	305	16,4	2,5	1,3	1,0
	Min	5,6	28,7	898	2,0	10,8	3,8	0,9
	Max	34,2	57,9	1991	45,4	20,0	8,8	5,0
Gliricidia sepium	n	11	9	9	1	9	9	9
leaves	MW	33,6	60,0	2054	49,8	20,8	9,1	4,0
	SD	4,4	4,8	223		4,8	1,1	0,7
	Min	24,8	52,2	1691		13,4	8,0	3,0
	Max	38,9	64,7	2259		26,0	10,9	5,2
Ficus sur Forsk	n	15	14	13	0	14	14	13
leaves	MW	17,5	45,0	1307		11,2	14,5	3,5
	SD	6,7	6,2	215		2,2	4,1	2,5
	Min	7,3	33,0	1003		7,4	6,6	2,1
	Max	32,4	55,7	1739		16,5	22,3	11,4
Ficus sycomorus	n	26	23	21	13	23	23	21
leaves	MW	24,1	53,8	1382	6,1	10,6	19,2	2,4
	SD	6,8	5,5	263	3,5	2,7	4,3	0,6
	Min	10,2	43,6	868	1,8	5,4	8,0	1,7
	Max	37,4	62,7	1773	13,1	17,1	28,1	4,1
Salvadora persica	n	27	27	27	2	27	27	27
leaves	MW	39,7	79,1	1860	46,3	14,3	34,6	1,8
	SD	4,0	3,1	176		2,2	4,6	0,5
	Min	30,9	69,9	1524	44,9	10,3	22,0	0,7
	Max	48,1	83,8	2231	47,6	19,0	45,1	2,9
Ziziphus mauritania	n	23	23	21	3	23	23	21
leaves	MW	22,4	48,6	1541	7,7	13,6	11,7	4,3
	SD	4,3	4,6	202	1,9	3,3	5,0	1,6
	Min	13,3	41,7	999	6,3	8,1	7,6	2,3
	Max	28,2	57,6	1841	9,8	20,6	28,9	7,6

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XP	XA	XL
Calotropis	n	12	9	7	4	9	9	7
procera	MW	38,3	69,1	2342	59,0	16,6	17,9	8,0
leaves	SD	4,4	3,3	202	23,2	3,5	4,7	2,6
	Min	31,6	63,3	2049	38,0	12,1	12,4	4,8
	Max	44,7	73,6	2636	87,7	24,5	27,6	12,5
Morinda	n	10	10	10	5	10	10	10
lucida	MW	32,4	57,8	2118	13,3	17,8	9,4	7,2
leaves	SD	5,6	4,3	206	8,9	1,8	1,3	1,0
	Min	24,2	51,6	1796	3,7	15,2	7,3	5,4
	Max	39,4	63,0	2433	25,0	20,4	11,6	8,5
Hyphaene	n	17	17	17	4	17	17	17
thebaica	MW	10,5	33,9	892	6,8	6,8	10,2	1,6
leaves	SD	2,5	2,6	88	4,9	0,9	2,2	0,2
	Min	5,1	27,0	749	3,6	4,9	6,5	1,2
	Max	15,9	39,3	1060	14,1	8,9	14,5	2,0

The separation into single species and plant organs reveals in many cases a much clearer situation so that typical characteristics of nutrient properties become evident. In some species still a large variation of nutrient quality remains, however.

Only in few species dOS reaches 70 % or more, for example in *Salvadora persica*, a level, that has to be claimed for roughages of temperate zones. In the main bulk of samples dOS ranks between 45 and 60 %. This level also is frequently found in tropical grasses and for browse it is also confirmed by other findings (DIAGAYETE 1981). In a considerable part of the sample pool dOS is less than 45 % and ME content is below 1500 Kcal/kg T, which generally restricts or even questions the use of these species as feedstuff.

Using XP and dOS as two essential properties for determination of nutrient quality, a classification was established according to these two parameters in table 3. "+" means "above mean value of total samples", "-" means "below". Species of which parameters do not deviate much from the mean are called "indifferent".

Table 3: Classification of browse samples according to organic matter digestibility and crude protein content

dOS	XP	dOS	XP
+	+	+	-
Maerua crassifolia		Salvadora persica	
Calotropis procera		Gleditschia triacanthos, <i>fruits</i>	
Acacia tortilis, <i>fruits</i>		Faidherbia albida, <i>fruits</i>	
Gliricidia sepium		Ficus sycomorus	
Balanites aegyptiaca			
Acacia senegal			
Morinda lucida			
Margaritaria discoidea			
Leucaena leucocephala			
Boscia senegalensis			
Acacia seyal, <i>leaves</i>			
Afzelia africana			
dOS	XP	dOS	XP
-	+	-	-
Pericopsis laxiflora		Parinari curatellifolia	
Bauhinia rufescens, <i>leaves</i>		Parkia biglobosa	
Capparis decidua		Hyphaene thebaica	
Pterocarpus erinaceus		Combretum nigricans	
		Combretum glutinosum	
		Bridelia ferruginea	
		Guiera senegalensis	
		Bauhinia rufescens, <i>fruits</i>	
		Hymenocardia acida	
		Piliostigma reticulatum	
		Piliostigma thonningii	
		Daniellia oliveri	
		Ficus sur Forsk	
Indifferent:	Ziziphus mauritania		
	Faidherbia albida, <i>leaves</i>		
	Acacia tortilis, <i>leaves</i>		
	Grewia bicolor		
	Acacia nilotica, <i>leaves</i>		

From this presentation it becomes evident that based on the frequency of occurrence in the different classes, a relation between dOS and XP exists. This relation is not congruent, however. There are species with low XP and high dOS, as for example *Salvadora persica*, or reversely, low dOS is coupled with high XP content. In the latter group, as also in species with both low XP and dOS, frequently high contents of ADL (*Pericopsis laxiflora*) or high tannin levels or low pronase solubility and high levels of ADF-bound N can be

observed. Characteristic differences can also be found in protein availability (PAB) according to this grouping (table 4).

Table 4: Protein degradability of samples (PAB) according to grouping in table 3

group		protein degradability in vitro (%)
dOS	XP	
+	+	27,2 ± 17,3
+	-	22,1 ± 17,2
-	+	12,9 ± 12,5
-	-	6,7 ± 5,4
indifferent		12,6 ± 10,5

(mean of all samples (n = 221): 16,6 ± 16,8 %)

Although the variation in all classes is very high, a clear trend exists showing that PAB is highest in the group where high dOS is coupled with high XP content and vice versa.

3.3. Relation between in vitro parameters and chemically or enzymatically derived characteristics

In the following tables first linear correlations between gas production, dOS and PAB with other results are shown in order to calculate regression equations for the prediction of in vitro digestibility parameters from more simple chemical criteria in cases where high correlations occur. The use of in vitro techniques means already a simplification as compared with in vivo methods, but it requires at least a basic instrumentation of laboratories, so that these methods are not applicable everywhere.

Table 5: Linear correlations between gas production, dOS and PAB with other parameters

		Gb	dOS	PAB
XA	n	1051	1051	221
	r	0,15	0,49	0,19
XP	n	1055	1051	221
	r	0,21	0,40	0,24
XL	n	922	922	
	r	-0,08	-0,11	n.s.
XF	n	863	863	
	r	-0,37	-0,51	n.s.
XX	n	907		
	r	0,19	n.s.	n.s.
NDF	n	867	867	221
	r	-0,47	-0,58	-0,19
ADF	n	880	880	221
	r	-0,52	-0,63	-0,20
ADL	n	875	875	221
	r	-0,55	-0,60	-0,24
Cell	n	875	875	
	r	-0,28	-0,41	n.s.
SMS	n	649	649	181
	r	0,74	0,82	0,58
SMO	n	648	648	181
	r	0,74	0,81	0,56
NPro	n	789	786	213
	r	0,38	0,38	0,44
NADF	n	831	831	220
	r	-0,46	-0,51	-0,39
TanP	n	325	323	194
	r	-0,34	-0,40	-0,45
Gb	n		1051	217
	r	-	0,92	0,64
dOS	n			217
	r	-	-	0,66

It is evident that a serie of highly significant relations exist between Gb and some other fractions, for example between fiber fractions. Amongst these, the closest correlation is between Gb and ADL content. Furthermore, significant correlations were found with Gb and the parameters of N-availability (NPro, NADF, TanP and PAB), but the correlations are lower. The relatively close relation of Gb to Cellulase solubility (SMS and SMO) could be expected, as both procedures are acknowledged and suitable methods for the prediction of digestibility. The use of this close correlation is questionable, however, as the cellulase method is not unconditional a simplification compared with the gas production method with the exception that it does not require fistulated animals for its application.

The correlations between in vitro dOS and the chemically or enzymatically determined parameters are basically very similar as with Gb which is not surprising, as for the calculation of dOS Gb contributes to an essential part. In most cases the correlation with dOS are higher as with Gb alone, but they do not reach a level that would justifie to derive separate prediction equations, however. The same is with ME, therefore these relations were not shown here.

Between PAB and some of the other parameters significant correlations could also be found, but due to the large heterogenity of the total sample pool they are not satisfactory at all. Again the closest relation was found to cellulase solubility. Generally significant correlations also exist between PAB and the different N-fractions.

Despite of the above mentioned objectives and because of the high correlations between in vitro paramenters and cellulase solubility, linear regression equations were calculated (table 6).

Table 6: Linear regression equations between Gb, dOS and PAB and cellulase solubility (SMS and SMO)

x =	equation	n	r ²	RSD (%)	sign.
gas production					
SMS	y = 0,477 x + 3,30	649	0,551	14,8	***
SMO	y = 0,458 x - 0,76	648	0,550	14,8	***
dOS					
SMS	y = 0,569 x + 16,99	649	0,666	13,8	***
SMO	y = 0,543 x + 20,19	648	0,656	14,1	***
PAB					
SMS	y = 0,535 x + 13,63	181	0,336	75,5	***
SMO	y = 0,490 x + 9,51	181	0,310	77,1	***

Although the best relations were selected here, residual standard deviations of about 15 % remain which is still not quite satisfactory.

The main statement from these findings is, that from the total sample pool it was not possible to derive satisfying relationships or even prediction equations due to the enormous heterogeneity of composition of the samples. Therefore a simplified estimation of digestibility using chemical parameters seems to be not possible by this way. It was proved that the establishment of multiple regression equations did not improve the precision of estimate to a reasonable extent and therefore it is not shown here.

3.4. Estimation of in vitro digestibility by near-infrared-reflectance spectroscopy

In this project the prevailing part of the samples were also analyzed by near-infrared-reflectance spectroscopy (NIRS) (SINNAEVE 1994). For detailed description and results see the report of this group (chapter VIII). Here only a short summary of the results concerning the estimation of in vitro digestibility is given (table 7).

Table 7: Estimation of in vitro digestibility using NIRS (SINNAEVE et al. 1994)

parameter	n	MW	SD	calibration		validation	
				SE	R ²	SE	R ²
gas prod.	906	23,4	11,4	4,54	0,82	4,77	0,80
dOS	835	48,5	12,4	3,97	0,89	4,22	0,88
ME	721	1586	433	163	0,84	173	0,82
PAB	94	10,2	15,0	5,25	0,79	6,43	0,68

It is evident that a fairly precise prediction of the in vitro parameters is possible with NIRS, especially for the estimation of dOS. So this method seems to be the only alternative to derive useful prediction equations for the energetic feed value from the total sample pool. Therefore, from these results it can be recommended, that the NIRS method as an indirect and rapid technique should be used to a larger extent in the future also for this type of samples as robust and precise prediction equations have been established and are in hand for its use.

3.5. Results of different product groups

3.5.1. Relation between in vitro digestibility and chemical or enzymatical parameters.

To obtain more precise and specific results, the formation of different product groups from the total sample pool seems to be necessary. By this it becomes possible to reveal specific coherences. This statement was already given in the article of ARBELOT (1993) from

which some results are taken and shown in the following chapter. The author has first selected the product group of "leaves" out of the total pool and thereafter selected more specific groups to obtain and interpret specific relations. (table 8)

Table 8: Correlation between dOS and PAB respectively with other parameters in total leaves and leaves of legumes and non-legumes (ARBELOT 1993).

n	dOS			PAB		
	leaves 80	Legum. 39	≠Legum. 41	leaves 80	Legum. 39	≠Legum. 41
NDF	-0,60	-0,56	-0,63	-0,39	-0,35	-0,49
ADF	-0,64	-0,68	-0,63	-0,33	-0,39	-0,34
ADL	-0,61	-0,74	-0,57	-0,35	-0,46	ns
XP	0,47	0,60	0,48	0,63	0,60	0,72
NADF	-0,40	-0,55	-0,30	-0,27	-0,36	ns
ADFIN	0,51	0,69	0,48	0,69	0,66	0,78
SMS	0,83	0,79	0,84	0,60	0,60	0,63
NPro	0,50	0,56	0,47	0,75	0,72	0,79
TanP	-0,49	-0,37	-0,56	-0,47	-0,42	-0,55
PAB	0,67	0,67	0,68			

Irrespective of the much smaller sample size tested here, it becomes evident, that the correlations are partly much higher than observed in the total sample pool (table 5). Again the closest relation is found between dOS and cellulase solubility (SMS), but also to the different fiber fractions high correlations could be found now, especially in the group of legumes. In many cases much higher correlations can be obtained also between PAB and other N-fractions, especially to ADF- and pronase-soluble N in the group of non-legumes.

Dividing the sample pool into single species, ARBELOT could demonstrate, that the relations between these parameters are getting even more tight (table 9).

Table 9: Correlations between dOS and chemically/enzymatically determined parameters in leaves of single species (ARBELOT 1993)

species	NDF	ADF	ADL	XF	XP	ADFIN	SMO
<i>Ficus sycomorus</i> (n = 14)					0,72	0,71	0,54
<i>Guiera senegalensis</i> (n = 7)	-0,90	-0,84	-0,78	-0,93	0,85	0,80	0,90
<i>Daniellia oliveri</i> (n = 15)					0,98	0,97	0,89
<i>Pterocarpus erinaceus</i> (n = 14)		-0,87	-0,82		0,62	0,88	0,95
<i>Morinda lucida</i> (n = 7)		-0,91	-0,78				0,86

It becomes evident that specific relations exist in these single species. In *Ficus sycomorus* and *Daniellia oliveri* a close correlation can be found between dOS and XP and ADF-soluble N respectively, whereas in *Guiera senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus* and *Morinda lucida* the closest relations exist to the fiber fractions. Generally, as expected, the correlations to the cellulase solubility are high.

In addition, these results also show, that specific product groups have to be formed when the aim is to estimate dOS from simple chemical parameters. This seems to be possible for the present sample pool under investigation, as from the most important plant families and species a sufficient number of observations are in hand.

Guided by this sample material, ARBELOT (1993) has tried to calculate specific multiple regression equations for the prediction of dOS from chemical and enzymatical parameters (table 10).

First of all, a hierarchical division of leaf material according to "favourable" and "non-favourable" composition (group 1 and 2) was done, after that, the four sample groups according to their NIR-spectra (see chapter 3.5.2.) were evaluated, finally single plant families and species were regarded.

Table 10: Regression equations for the prediction of dOS of leaves (except NIR-groups) from chemically and enzymatically determined parameters (ARBELOT 1993)

group (n)	dOS	s	equation	r ²	s _{y.x}
all leaves (335)	48,3	12,4	0,63SMO + 0,28NDF + 0,32 XP	0,74	6,39
legumes (77)	40,9	8,5	0,71SMO + 0,15NDF	0,81	3,79
non-legumes (117)	51,2	13,7	0,85SMO + 0,47Cel	0,89	4,58
gr. 1 (favourable)(113)	56,6	11,0	0,47SMO + 0,42NPro + 0,65XL + 23,70,50	7,89	
gr. 2 (unfavour.)(138)	40,4	8,2	0,87SMO + 0,76NDF - 0,42XF - 24,8	0,72	4,39
group 1 NIR (88)	44,3	8,3	0,29SMO - 0,32XF + 0,57Cel + 0,59INADF + 20,26	0,71	4,62
group 2 NIR (18)	52,8	5,6	0,31SMO + 0,85NPro + 26,01	0,91	1,76
group 3 NIR (47)	57,4	6,0	0,29SMO + 0,92NPro + 0,54INADF + 39,82	0,57	4,09
group 4 NIR (13)	75,3	8,1	- 0,83ADL + 82,89	0,71	3,51
Mimosaceae (44)	47,1	9,9	0,40SMO + 24,59	0,66	6,68
Anacardiaceae (16)	45,9	4,4	0,23SMO - 0,45Cel + 43,18	0,62	2,78
Moraceae (28)	52,2	8,3	0,45SMO + 0,75Cel	0,77	3,69
Caesalpinaceae (35)	43,0	6,6	0,59SMO + 0,49NDF - 0,34XF + 0,43INADF	0,87	2,80
Fabaceae (25)	48,1	13,0	1,11SMO + 0,38Cel - 1,39NPro	0,91	3,09
Ficus sur Forsk (12)	45,4	5,8	0,96SMO	0,55	4,08
Boscia senegalens.(16)	53,6	2,5	0,45SMO - 0,92NPro + 38,91	0,56	1,74
Spondias mombin (9)	48,2	3,9	- 0,67ADF + 70,51	0,73	2,19
Ziziphus mauritan.(9)	50,3	5,7	0,51SMO + 1,59Hemic + 39,09	0,77	3,18
Piliostigma thonn.(8)	42,4	4,8	- 0,77XF + 64,62	0,79	2,39
Parkia biglobosa (6)	31,5	2,0	0,66Hemic + 25,03	0,80	1,01
Ficus sycomorus (14)	52,4	5,4	0,37SMO + 0,42Cel + 1,16XP	0,85	2,39
Guiera senegalens.(9)	35,8	5,9	- 1,08XF + 65,26	0,79	2,65
Acacia nilotica (11)	50,9	8,0	2,82INADF	0,65	4,37
Pterocarpus erinac.(14)	44,9	8,3	0,93SMO	0,91	2,61
Daniellia oliveri (18)	41,8	7,7	1,72XP + 19,91	0,93	1,86
Morinda lucida (10)	57,7	4,1	- 0,79ADF - 2,03NPro + 94,33	0,93	1,29

First of all, the division according to legumes and non-legumes gives an improved accuracy of prediction, but not the grouping according to "favourable" and "non-favourable" nutrient composition. The division according to NIR-spectra or plant families respectively, is also not always satisfactory. On the level of single species, the number of observations and also the scattering of values is reduced, however, the latter resulting in lower R². Nevertheless, the residual standard errors of the equations are frequently relatively low.

Unfortunately in most of the equations, cellulase solubility is found as predictor. This may be a problem, as already mentioned, the determination of cellulase solubility is causing at least the same analytical efforts as compared with the direct measurement of in vitro digestibility using the gas production method. Therefore, these equations are more of theoretical interest. Of much more importance seems to be the fact, that only on the level of single species prediction equations can be obtained using the more simple chemical parameters as for instance the different fiber fractions, which means a real simplification. In this cases it is to point out, however, that these equations are strictly specific for the respective species and cannot be used for the prediction of digestibility of other species. This can also be demonstrated by the fact, that neither the variables chosen, nor their regression coefficients show any consistency.

In addition, corresponding equations were derived by ARBELOT (1993) for the prediction of PAB, which are given in table 11. The partition of the total leaf material was done according to legumes and non-legumes, botanical families and some single species. It is to notice, that for PAB the dimension "% available N in dry matter" is used here.

Table 11: Regression equations for the prediction of PAB of leaves from chemically and enzymatically determined parameters (ARBELOT 1993)

group (n)	PAB	s	equation	r ²	s _{y.x}
all leaves (84)	2,4	3,3	0,04SMS + 0,02INADF + 0,24TanP - 1,99	0,51	1,8
legumes (41)	2,4	3,1	0,35INADF + 0,43XL + 0,16Cel - 7,14	0,53	1,9
non-legumes (43)	2,5	3,4	0,38INADF - 0,08XX - 0,16Hemic	0,70	1,4
Mimosaceae (18)	2,7	3,0	0,74NPro + 0,45XL	0,58	2,1
Caesalpiniaceae (12)	1,1	1,4	0,28INADF + 0,09NDF - 6,21	0,81	0,7
Combretaceae (16)	0,3	0,3	- 0,05NDF + 0,06Cel + 1,28	0,55	0,4
Moraceae (13)	2,1	2,1	0,46INADF - 2,96	0,77	1,0
Fabaceae (11)	3,1	4,1	0,30SMS + 1,50NPro - 17,34	0,92	0,8
Ficus sycomorus (10)	0,6	0,4	0,11XP + 0,05ADL - 1,01	0,75	0,1
Pterocarpus erinac.(6)	3,4	3,0	0,39SMS - 16,0	0,84	1,3
Daniellia oliveri (7)	0,8	0,8	0,38INADF - 1,75	0,86	0,4

As expected, significant regression equations exist between PAB and the different fractions characterizing nitrogen, as XP, ADF- and pronase-soluble N, but also in some cases between tannin content. It is to point out, however, that in all of these equations the residual standard error remains very high.

3.5.2. NIRS

By formation of product groups according to the similarity of NIR-spectra, SINNAEVE et al. (1994) could also obtain a much better accuracy of prediction using the NIR method. The authors formed the following groups according to guiding species:

group 1	<i>Acacia senegal, Balanites aegyptiaca</i>
group 2	<i>Boscia senegalensis</i>
group 3	<i>Ficus sycomorus, Daniellia oliveri, Ziziphus mauritania</i>
group 4	<i>Salvadora persica</i>

Table 12: Accuracy of prediction of in vitro results in different botanical groups formed according to their similarity of spectra (SINNAEVE et al. 1994)

parameter	n	MW	SD	calibration		validation	
				SE	R ²	SE	R ²
group 1							
gas production	96	18,7	6,1	1,47	0,94	1,63	0,93
dOS	87	30,2	6,9	3,28	0,74	4,03	0,60
ME	87	1899	272	153	0,68	176	0,60
group 2							
gas production	36	24,1	3,9	1,26	0,86	1,64	0,77
dOS	35	51,8	5,4	1,53	0,90	2,13	0,82
ME	33	1592	193	72	0,83	96	0,71
group 3							
gas production	181	20,5	8,9	3,3	0,86	3,86	0,81
dOS	167	46,3	9,4	2,91	0,91	3,35	0,88
ME	153	1419	328	134	0,83	161	0,76
group 4							
gas production	35	34,3	9,1	2,5	0,93	3,3	0,87
dOS	35	67,5	14,9	1,81	0,99	2,55	0,97
ME	28	1854	283	145	0,65	173	0,5

In most cases, the highest accuracy can be obtained in estimating dOS, probably as here besides gas production crude protein is necessary for its calculation and as XP can be predicted with NIR always with high accuracy. The reason for the generally lower accuracy of prediction of ME remains unclear, as here, except the crude lipid contents, the same analytical parameters are used for calculation (gas production, XP, XA).

3.5.3. Characterization of nutritive value of *Faidherbia albida* (*Acacia albida*)

Due to its wide distribution and utilization as feedstuff, *Faidherbia albida* gains special attention. Therefore, from the present data, a separate evaluation of its nutritive properties was established. First, the most relevant data describing nutritive value for all plant organs and separately for leaves and fruits are given in table 13.

It is evident, that a separate representation according to plant organs is useful, as leaves and fruits are not only different in its in vitro results, but also show characteristic differences in its crude nutrient composition. Although leaves contain more crude protein and lipids, gas production and hence digestibility and ME content is lower. This is primarily due to the higher degree of lignification. Also the crude protein fraction has different properties. The in vitro protein availability in leaves is lower, which is in accordance to lower pronase-solubility and higher contents of ADF-bound N. One reason for this could also be the higher tannin content of leaves (2,4 vs. 0,6 %). The use of crude fiber as a measure for feed evaluation is useless, as its content in leaves is less than in fruits and therefore stands in reverse relation to in vitro digestibility and to cellulase solubility.

From the data given in table 13, several regression equations to predict in vitro parameters were calculated and given in table 14. As no statistically significant equations could be derived for the group of leaves, they are not shown in the table.

Table 13: Nutrient composition and nutritive value of *Faidherbia albida* (all samples analyzed for in vitro digestibility)

sample		Gb	dOS	ME	PAB	XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	SMS	NPro	NADF
Faidherbia	n	22	22	22	11	22	22	22	22	22	22	22	20	21	22
albida	MW	31,1	53,2	1790	11,8	7,2	13,4	2,9	25,0	42,8	32,6	12,3	58,7	41,6	18,7
total	SD	12,2	9,7	401	10,3	3,1	4,2	1,9	7,4	9,0	9,4	6,6	13,9	22,0	11,1
	Min	12,1	38,1	1088	0	3,7	5,6	0,7	8,1	21,1	15,7	4,2	32,0	13,7	5,2
	Max	61,2	83,7	3050	35,0	12,4	26,8	7,7	44,5	66,0	57,4	34,2	92,9	77,0	47,4
Faidherbia	n	12	12	12	7	12	12	12	12	12	12	12	10	11	12
albida	MW	22,7	47,8	1573	7,0	9,6	14,4	4,1	23,9	44,5	33,8	15,6	48,7	24,5	24,8
leaves	SD	7,5	6,1	266	6,1	2,0	2,6	1,7	7,9	10,1	11,6	7,3	9,9	12,6	11,5
	Min	12,1	38,1	1088	0	5,1	10,3	1,3	15,5	31,0	19,7	7,9	32,0	13,7	9,7
	Max	35,4	55,0	1915	17,7	12,4	18,0	7,7	44,5	66,0	57,4	34,2	57,0	60,3	47,4
Faidherbia	n	10	10	10	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
albida	MW	41,1	59,7	2051	20,4	4,4	12,2	1,4	26,3	40,6	31,1	8,3	68,7	60,5	11,2
fruits	SD	8,5	9,4	388	11,3	0,6	5,5	0,6	6,7	7,5	6,0	1,9	9,2	12,1	4,0
	Min	29,3	48,7	1610	7,7	3,7	5,6	0,7	8,1	21,1	15,7	4,2	61,9	40,6	5,2
	Max	61,2	83,7	3050	35,0	5,7	26,8	2,5	32,1	47,9	35,9	10,4	92,9	77,0	18,5

Table 14: Linear regression equations between dOS (y) and other parameters in *Faidherbia albida* (fruits)

x =	equation	n	r ²	RSD (%)	sign.
XP	y = 1,45 x + 42,0	10	0,72	8,9	**
XF	y = - 1,30 x + 93,76	10	0,86	6,2	***
NDF	y = - 1,17 x + 107,36	10	0,87	6,0	***
ADF	y = - 1,46 x + 105,2	10	0,88	5,9	***
ADL	y = - 3,81 x + 91,17	10	0,56	11,1	*
Cell.	y = - 2,02 x + 105,8	10	0,91	5,1	***
ADF +NADF	y = - 1,85x ₁ + 0,77x ₂ +108,6	10	0,92	5,1	***

In the group of fruits significant relations between in vitro digestibility and chemical composition are existing. Especially from the different fiber fractions a fairly precise estimation of digestibility is possible. For practical purpose, the equation using ADF as predictor can be recommended. This equation is indeed a real simplification, as ADF can be determined easily and with a high reproducibility.

Unfortunately, no corresponding equations with statistical significance could be derived from the group of leaves, so that there seems to be no possibility for the estimation of digestibility from these nutrients.

Equations derived from the total sample pool (leaves and fruits together) had also not the precision required. As the properties of fruits and leaves are so much different, it is not possible to use a common equation for both product groups.

4. Conclusions

Organic matter digestibility or content of metabolizable energy, respectively, are essential figures for nutritive value of feedstuffs. In addition, besides the knowledge of protein content, characterization of its availability or ruminal degradability is important.

Therefore, in the present investigations studies on in vitro methods using rumen liquor were carried out. The gas production method, which was developed in Hohenheim was used for the present study, as this technique is rather effective but simple so allowing the analysis of most of the samples collected during the course of the present programme.

The gas production method was calibrated using 400 samples of known in vivo digestibility and validated with another 300 samples tested in vivo (MENKE and STEINGASS 1988). The samples used for this purpose mainly consisted of different roughages from temperate zones. Only few comparisons with in vivo results of feeds of tropical origin were possible so far, but showed a general fit within the normal range of error. As the samples used for calibration of the method had a similar range in digestibility of organic matter (29,7 - 94,8 %) as the samples analyzed in the present study

(16,0 - 87,3 %), a general usefulness of the prediction equations can be imputed. A further reference to this is the fact, that a relatively close relation exists between the digestibility calculated from gas production method and from cellulase solubility (SMS; SMO), which is a completely independent procedure but is reputed to be also a reliable method for estimation of digestibility. The very close correlation in certain groups of feeds would not exist if one of these methods would be basically inadequate as an estimate of digestibility.

Nevertheless, it seems to be urgently necessary to carry out comparisons with both methods using a greater number of tropical browse feeds with known *in vivo* digestibility to be able, if necessary, to adapt and precise prediction equations to those feedstuffs.

A further question within the present study was, to predict the results of the gas production method, which is the method next to the animal trial, using more simple chemically or physically derived parameters. The main result was, that for the whole sample pool, all the chemical methods applied failed to predict *in vitro* digestibility with satisfactory accuracy. Neither crude nutrient nor the different fiber or protein fractions were suitable for this purpose. The reason is the extraordinary wide heterogeneity of the sample pool which contains a wide variety of different plant species and -organs, grown at different seasons, conditions and sites. In addition, the presence of refractory or inhibitory substances, as for example tannins or lignin seems to be of significance.

The estimation of digestibility from chemical criteria only lead to satisfactory results, when specific product groups were formed, but even so not in every case. This could be demonstrated in *Faidherbia albida*, where it was possible to derive suitable prediction equations for fruits, but not for leaves. It has to be pointed out, however, that those specific equations are less robust due to the relatively small numbers of observations they are based upon.

Another great disadvantage of the formation of product groups is the fact, that they are strictly specific which does not allow their application to other samples. In the present study, however, from most of the important species a sufficient number of observations could be collected allowing the formation of data sheets with comprehensive parameters for its nutritive value.

It could be demonstrated, that the NIR-spectroscopy is a very efficient and suitable method not only for prediction of nutrient composition but also for the estimation of digestibility and energy content. Only with this technique it was possible to estimate the relevant criteria of nutritive value with good accuracy without being forced to form very detailed product group principally. A series of robust prediction equations could be derived, which are precise enough to be able to estimate corresponding feeds in future investigations. Therefore, a broad use of this method can be recommended for this purpose.

In 221 samples, ruminal protein availability or degradability was estimated *in vitro*. The values were generally very low and seldom exceeded 50 %, whereas the normal range of common feeds is 50 - 80 %. The main disadvantage of this method is, that in contrary to the common gas production method for the estimation of digestibility, it was not calibrated using *in vivo* results, as it cannot be calibrated in this common way. Nevertheless, this

approach gives further informations about the properties of the crude protein fraction. In addition, it was possible to derive correlations to other quality criteria of protein and to tannin contents in several product groups (see table 11). Only in samples having no tannins, low ADF-bound nitrogen and high pronase solubility the in vitro protein degradability remarkably exceeded the average values. From this it can be concluded, that this technique may be suitable as a first screening. If, for example, PAB exceeds 30 % it can be stated, that at the same time tannin contents and ADF-bound nitrogen must be very low and pronase solubility is high, respectively.

An improvement of this method would be achieved, when it succeeds to make comparisons to in vivo or in sacco results in order to obtain at least a certain standardisation. The main objective is, however, to standardize the in vivo trials as such.

In general, the present investigations could contribute together with efforts in the other subprojects to establish a comprehensive review and documentation of the nutritive value of West African browse feeds. For all of the major important plants used as feeds it is possible to make up data sheets containing most of the relevant figures describing nutritive value. Therefore, the practical user will be enabled to uncover the major constraints in feeding and calculate balanced rations more efficiently and precisely in future.

5. Summary

In the present investigations, organic matter digestibility and content of metabolizable energy was estimated in 1123 samples of African browse using the gas production method (MENKE and STEINGASS 1988). In addition, in vitro ruminal protein availability was estimated in a part of the samples ($n = 221$).

The average OM-digestibility was about 50 % corresponding with an average content of metabolizable energy of 1620 Kcal/kg DM. Depending on plant species and -organs great differences of the results were obtained, revealing characteristic attributes of the single species. Protein availability was generally very low due to the presence of inhibitory substances in many feeds.

Due to the great heterogeneity of the material under test, it was not possible to derive precise prediction equations for the estimation of digestibility from chemical or enzymatical parameters based on the whole sample pool. Only after formation of specific product groups (single species and/or organs), it was possible to derive prediction equations with satisfactory accuracy using simple chemical characteristics.

Fairly precise prediction equations of nutritive value based on the whole sample pool was possible using NIR-spectroscopy, however. Therefore, it can be recommended to use this method for such samples in future investigations.

6. Literature

ARBELOT, Brigitte (1993): Prediction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. CIRAD-IEMVT

DIAGAYETE, M. (1981): Untersuchungen zur Erweiterung der Kenntnisse über den Futterwert westafrikanischer Futterpflanzen. Dissertation, Fak. IV, Univ. Hohenheim.

LEINMÜLLER, Edith (1989): Wirkungen tanninhaltiger Futtermittel auf den Protein- und Kohlenhydratstoffwechsel in Pansensaft in vitro. Dissertation, Fak. IV, Univ. Hohenheim.

MENKE, K.H., L.RAAB, A.SALEWSKI, H.STEINGASS, D.FRITZ and W.SCHNEIDER (1979): The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. agric. Sci. Camb. 93: 217 - 222

MENKE, K.H. and H.STEINGASS (1988): Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Developm. 28: 7 - 55

RITTNER, U. (1992): Polyphenolics of African Multipurpose Trees and Shrubs and Their Effects in Ruminant Nutrition. Dissertation, Fak. I, Univ. Hohenheim.

ROTHFUSS, H. (1991): Untersuchungen zum Rohproteinabbau von Heu in sacco und in vitro. Diplomarbeit, Inst. f. Tierernährung, Univ. Hohenheim

SINNAEVE, G., P.DARDENNE, P.LECOMTE et R.BISTON (1994): Prevision par la spectrometrie dans le proche infrarouge de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique ou in vitro des fourrages ligneux. In: GUERIN, H. (ed.) Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommé par les ruminants en Afrique centrale et de l'ouest. EG-Programm ST2/89/215. CIRAD-IEMVT

THOMSEN, K.V. (1985): The specific nitrogen requirements of rumen microorganisms. Acta Agric. Scand. Suppl. 25: 125 - 131

TILLEY, J.M.A. and R.A.TERRY (1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18: 104 - 111

CHAPITRE VIII

PREVISION PAR LA SPECTROMETRIE DANS LE PROCHE INFRAROUGE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE ET DE LA DEGRADABILITE ENZYMATIQUE OU IN VITRO DES FOURRAGES LIGNEUX

Georges SINNAEVE*, Pierre DARDENNE*,
Philippe LECOMTE* et Robert BISTON*

* Station de Haute Belgique - Centre de Recherche Agronomique de Gembloux.
Ministère de l'Agriculture - rue de Serpont, 100 - B-6800 Libramont -
Belgique.

CCE.DGXII - ST2 - 1994. Prévision par la spectrométrie dans le proche infrarouge de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique ou *in vitro* des fourrages ligneux - Chapitre VIII In : GUERIN (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2/89/215. Maisons-Alfort, CIRAD-LEMVT.

SOMMAIRE

	Page
1. PRINCIPES ET METHODES	1
1.1. Aspects théoriques et fondamentaux	1
1.2. Principe de la mesure	1
1.3. Principe de l'étalonnage	2
1.4. Traitement des données spectrales	4
1.5. Détection d'échantillons aberrants	5
1.6. Les applications de la SPIR	5
1.7. Abréviations utilisées	6
2. APPLICATION AUX FOURRAGES LIGNEUX TROPICAUX : RESULTATS ET DISCUSSIONS	6
2.1. Etablissement de modèles généraux de prédiction : comparaison entre valeurs estimées et valeurs mesurées	8
2.1.1. Prédiction des composés organiques majeurs	8
2.1.2. Prédiction des composés azotés	12
2.1.3. Prédiction de la digestibilité <i>in vitro</i>	12
2.1.4. Prédiction des composés minéraux	19
2.2. Regroupement d'espèces sur base des données spectrales et analytiques : établissement d'équations spécifiques	20
2.2.1. Calibration sur base de groupes	20
2.2.2. Calibrations par famille et par genre	22
2.2.3. Sélections spectrales	23
2.3. Prédiction de la dégradabilité <i>in vitro</i> par le "gastest" (dMO _{GT}) à partir des valeurs de composition chimique ou de dégradabilité enzymatique prédites par SPIR	28
2.4. Essais sur une espèce importante : <i>Faidherbia albida</i> .	29
2.5. Essais d'un mode de calibration particulier la "Local Weighted Regression".....	29
3. ESSAIS SUR ANIMAUX : DEGRADABILITE <i>IN SACCO</i> , DIGESTIBILITE <i>IN VIVO</i>	32
CONCLUSION	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35

1. PRINCIPES ET METHODES

Les objectifs qui ont été confiés à la Station de Haute Belgique dans le cadre de ce projet portent sur l'utilisation de la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) en vue de la détermination rapide des principaux constituants chimiques et de la valeur alimentaire des fourrages ligneux que l'on trouve dans les zones sahélo-soudaniennes de l'Afrique.

1.1. Aspects théoriques et fondamentaux

Les atomes d'une molécule forment des liaisons chimiques dont la fréquence de vibration est caractéristique d'un groupement atomique. Ces liaisons intramoléculaires sont susceptibles d'absorber tout rayonnement incident produit à la même fréquence de vibration.

La spectrométrie dans l'infrarouge proche est une méthode d'analyse instrumentale basée sur l'absorption par la matière d'une radiation électromagnétique dans le proche infrarouge (1 100 à 2 500 nm).

Dans cette gamme spectrale, les bandes d'absorption sont le fait de groupes atomiques tels que C-H, O-H, N-H. Les bandes en SPIR sont surtout des recombinaisons et des harmoniques des vibrations fondamentales s'opérant dans l'infrarouge moyen. La quantité de radiation lumineuse absorbée à chaque longueur d'onde suit la loi de Lambert-Beer et est proportionnelle au nombre de liaisons chimiques et donc à leur concentration. Après étalonnage, la SPIR peut être utilisée à des fins d'analyses quantitatives.

Certains constituants d'un même produit peuvent absorber la lumière dans l'infrarouge proche à une même longueur d'onde ou à des longueurs d'onde voisines. La SPIR ne peut être utilisée quantitativement que par traitements mathématiques des spectres. Les longueurs d'onde spécifiques des principaux constituants organiques sont reprises au tableau VIII.1 (Biston et Dardenne, 1985).

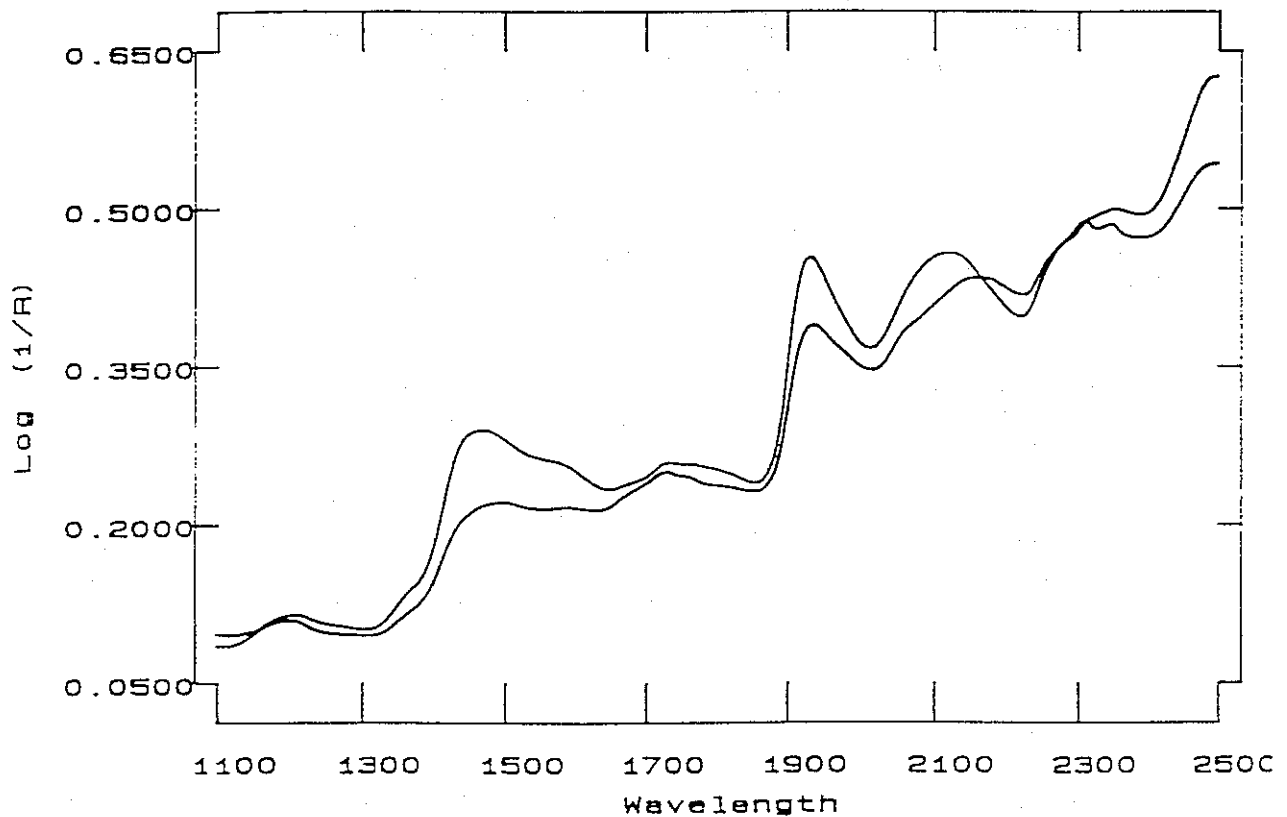
Tableau VIII.1 - Longueurs d'onde spécifiques des principaux constituants

Constituants	Longueurs
Eau	<u>1445</u> - 1790 - <u>1940</u>
Protéines	<u>1734</u> - 2060 - <u>2180</u> - 2300 - 2352 - 2470
Cellulose	<u>1722</u> - <u>1780</u> - <u>1818</u> - 1860 - 2100 - <u>2270</u> - <u>2335</u> - <u>2348</u> - 2488
Amidon	<u>1722</u> - <u>1780</u> - <u>2100</u> - <u>2270</u>
Matières grasses	<u>1759</u> - 2070 - <u>2140</u> - <u>2310</u> - 2380

1.2. Principe de la mesure

Après séchage et broyage standardisé (Cyclotec 1mm), l'échantillon est soumis au rayonnement proche infrarouge. La réflexion aux différentes longueurs d'onde constitue un spectre, véritable signature de l'échantillon dans la gamme de l'infrarouge. Cette "empreinte digitale" contient toute l'information physico-chimique de l'échantillon. Un exemple de spectres d'absorbance est repris à la figure VIII.1.

Figure VIII.1 - Spectres dans le proche infrarouge de fourrages tropicaux ligneux



1.3. Principe de l'étalonnage

Le dosage d'un constituant par SPIR nécessite une étape préalable d'étalonnage qui établit un modèle linéaire reliant les données spectrales à des dosages obtenus par méthode de référence.

Une base de calibration idéale est constituée d'échantillons représentatifs des échantillons dont on veut prédire la constitution. Cette base de données intégrera des facteurs tels que, conditions phytotechniques, années de récolte, lieux de récolte... En outre, les échantillons devront couvrir la plus large gamme de composition pour le constituant envisagé.

Deux procédures de calibration peuvent être appliquées à savoir le calibration énumératif pour une population d'échantillons fermée et le calibration analytique pour une population ouverte (tableau VIII.2.) (Dardenne, 1990).

Tableau VIII.2 - Comparaison entre calibrage énumératif et analytique
(Dardenne, 1990)

Procédure énumérative	Procédure analytique
1. Accumuler les échantillons	1. Obtenir les spectres des échantillons
2. Enregistrer les spectres de chacun des échantillons	2. Sélectionner un sous-ensemble d'échantillons intégrant le maximum de variabilité en vue de l'analyse laboratoire
3. Sélection aléatoire d'échantillons à analyse au laboratoire	3. Choisir les longueurs d'onde spécifiques du constituant à doser
4. Effectuer les calibrages sur les échantillons sélectionnés	4. Valider l'équation de calibrage par l'analyse d'échantillons de prédiction
5. Prédire la teneur des échantillons restants	5. Effectuer les analyses de routine

L'établissement du modèle prédictif reliant les densités optiques et les valeurs de référence est basé sur la recherche d'un modèle multilinéaire, qui exprimera le constituant en fonction des absorbances à certaines longueurs d'onde.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \dots + b_ix_i + \dots b_px_p$$

avec

- y = la concentration estimée
- b_0 = le terme constant
- b_i = les coefficients de régression
- x_i = les densités optiques ou leur transformée
- p = le nombre de termes

Dans cette équation, nous devons retrouver au moins une longueur d'onde caractéristique du constituant à doser. Les autres termes sont des termes correctifs intégrant les interférences de la granulométrie et des autres constituants.

La qualité d'une équation de calibrage est exprimée par l'écart-type de calibrage (SEC), l'écart-type de prédiction (SEP) (série indépendante) et le coefficient de corrélation multiple (R).

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}}$$

n = nombre d'échantillons
p = nombre de termes

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

$$R = (1 - SCE_r/SCE_t)^{1/2}$$

SCE_r = somme des carrés des écarts résiduelle

SCE_t = somme des carrés des écarts totale

R indique l'étroitesse de la relation entre valeurs de référence et valeurs prédites. Son carré R^2 , ou coefficient de détermination, exprime la part de la variance observée de la variable dépendante qui est expliquée par la relation.

L'utilisation du rapport SD/SEC ou SD/SEP (SD = écart-type de la population) permet de comparer les performances des équations en faisant abstraction des unités.

R^2 , SEC et SD sont reliés entre eux par la relation suivante:

$$R^2 = 1 - \frac{SEC^2}{SD^2}$$

Le coefficient de détermination sera d'autant plus proche de 1 que SD sera grand et SEC petit, d'où l'importance du choix des échantillons pour obtenir une distribution rectangle sur les valeurs de référence.

R^2 = coefficient de détermination
SEC = erreur standard de calibrage
SD = écart-type de la population

1.4. Traitement des données spectrales

La reconnaissance de spectres intervient à deux niveaux. Dans un but de classement, les groupes étant distincts au départ, un nouvel individu est classé avec un minimum d'erreurs. Dans un but de classification au sein d'une matrice globale, on peut constituer des sous-groupes homogènes (Dardenne, 1990).

L'utilisation de l'analyse en composantes principales permet de réduire les spectres à un plus petit nombre de valeurs sans perte d'information. Une fois les facteurs principaux obtenus, les techniques telles que régression multiple, analyse discriminante et classification sont applicables sur les nouvelles coordonnées.

1.5. Détection d'échantillons aberrants

Lors de l'établissement de l'équation de calibrage un échantillon est considéré comme anormal lorsque la différence entre la teneur de référence et la valeur estimée est trop grande par rapport à l'écart-type résiduel. Ces échantillons sont écartés de la calibration et nécessitent une confirmation de leur composition par les méthodes analytiques de référence.

La distance généralisée selon Mahalanobis (Williams et Norris 1987) est, utilisée pour détecter les spectres aberrants. Ceci est particulièrement utile en prédiction. Ne disposant pas de valeur de référence, il est important de savoir si les échantillons présentés correspondent spectralement à la base ayant servi à l'établissement du modèle.

1.6. Les applications de la SPIR

Des informations complémentaires sur les applications peuvent être obtenues en consultant l'ouvrage de Williams et Norris (1987), qui compte plus de 1.000 références bibliographiques.

La Station de Haute Belgique s'est employée depuis plus de 15 ans à développer des calibrages applicables aux productions agro-industrielles. Par ailleurs, la Station de Haute Belgique a développé des calibrages sur différents types de fourrages (tableaux VIII.3, VIII.4, VIII.5).

Tableau VIII.3 - Calibrages établis sur des herbes de prairie et foin
(régions tempérées)
(Base de données Station de Haute Belgique)

	N	Moy	SD	SEC	R ² c	SD/SEC	SECV
MAT	315	16.8	6.4	0.73	0.99	8.8	0.83
CBW	308	24.7	5.3	1.10	0.96	4.8	1.19
ADF	248	28.8	5.0	1.32	0.93	3.8	1.47
NDF	252	48.9	7.2	1.61	0.95	4.5	1.78
ADL	251	5.1	1.2	0.57	0.76	2.1	0.61
dMO _{vitro}	264	77.8	8.1	1.81	0.95	4.5	1.95
DMO	337	67.6	6.5	2.0	0.92	3.3	2.15

dMO_{vitro} : digestibilité matière organique in-vitro

DMO : digestibilité matière organique in vivo

Tableau VIII.4 - Calibrages établis sur des fourrages herbacés en
provenance du Togo
(Base de données Station de Haute Belgique)

	N	Moy	SD	SEC	R ² c	SD/SEC	SECV
MAT	78	6.4	2.4	0.34	0.98	7.1	0.44
CBW	49	31.5	3.9	0.60	0.94	6.5	0.78
ADF	78	40.1	4.8	0.86	0.97	5.6	1.07
NDF	74	67.1	4.7	0.87	0.97	5.4	1.23
ADL	78	5.6	1.6	0.41	0.93	3.9	0.59
dMO _{vitro}	77	38.8	9.9	2.23	0.95	4.4	2.64

Tableau VIII.5 - Calibrages établis sur des feuillages d'arbres méditerranéens (Meuret M. *et al.*, 1993)

	N	Moy	SD	SEC	R ² c	SD/SEC	SECV
MO	204	93.8	3.2	0.54	0.97	5.9	0.63
MAT	206	11.5	5.4	0.69	0.98	7.8	0.88
NDF	90	52.0	13.0	1.36	0.99	9.6	2.06
ADF	110	31.5	10.7	1.85	0.97	5.8	2.36
ADL	108	13.9	6.2	1.04	0.97	6.0	1.48
dMO _{vito}	75	64.0	19.8	1.51	0.99	13.1	2.10

1.7. Abréviations utilisées

Pour l'interprétation des performances des modèles prédictifs, les paramètres suivants sont évalués :

- N : effectif de la population
- Moy : moyenne de la population
- SD : écart-type de la population
- SEC : erreur standard de calibrage
- R²c : coefficient de détermination de calibrage
- SECV : erreur standard de croisée de validation
- R²v : coefficient de détermination
- SD/SEC : rapport écart-type résiduel à l'écart-type de la population.

2. APPLICATION AUX FOURRAGES LIGNEUX TROPICAUX : RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'ensemble des calibrages ont été établis sur base des échantillons du projet et des analyses de référence effectuées par les différents partenaires. Les paramètres mesurés par rapport à la teneur en matières azotées (fractions azotées) ont été exprimés en pourcentage de la matière sèche (p.100 MS) (tableau VIII-6).

Après broyage sur moulin Cyclotec (grille 1,0 mm) les échantillons sont mesurés dans la gamme spectrale de 1 100 à 2 500 nm sur un spectromètre NIRSystems 5 000. L'ensemble des données spectrales et analytiques ont été traitées en utilisant le logiciel développé par Infrasoft International (Shenk *et al.*, 1991).

La procédure de calibration est la régression au sens des carrés partiels (Partial Least Squares ou PLS) décrite par Williams et Norris (1987). Le nombre de termes (facteurs) à introduire est déterminé par validation croisée. Cette procédure (Shenk et Westerhaus, 1991) consiste à choisir 2/3 des échantillons sur lesquels un modèle est développé, celui-ci est ensuite appliqué au 1/3 des échantillons restants. La procédure est répétée deux fois en réservant toujours 1/3 des échantillons pour la validation. Les écarts des trois prédictions sont cumulés pour obtenir une erreur standard de validation dont le minimum fixe le nombre de facteurs à introduire dans le modèle. Le modèle final est alors recalculé sur l'ensemble des échantillons.

Tableau VIII.6 - Liste des paramètres dont le transfert sur analyseur proche infrarouge a été étudié

Abréviations	Constituants	unités
MM	matières minérales totales	% m.s.
MO	matières organiques	% m.s.
MAT	matière azotée totale*	% m.s.
MGE	matière grasse (extrait éthéré)	% m.s.
CBS	cellulose brute (scharrer)	% m.s.
CBW	cellulose brute (Weende)	% m.s.
NDF	neutral detergent fiber	% m.s.
ADF	acid detergent fiber	% m.s.
ADL	acid detergent lignin	% m.s.
HEMIC	hémicellulose (NDF - ADF)	% m.s.
CEL	cellulose Van Soest (ADF - ADL)	% m.s.
EB/10	énergie brute	0.1 cal/g MS
TANPT	tannins	
MAS	matières azotées solubles*	% m.s.
MA _{pep}	matières azotées digestibles à la pepsine*	% m.s.
MA _{PRO1}	matières azotées digestibles à la pronase 1 h*	% m.s.
MA _{PRO2}	matières azotées digestibles à la pronase 24 h*	% m.s.
MA _{adf_{ms}}	matières azotées dans l'ADF	% m.s.
SMS	solubilité pepsine cellulase (ms)	% m.s.
SMO	solubilité pepsine cellulase (mo)	% mo
GT	gastest	ml/200mg/ms
dMO _{GT}	digestibilité de la matière organique	% mo
EM _{GT} /10	énergie métabolisable	kcal/100g ms
dMA _{GT}	dégradabilité de l'azote	% ma

*matières azotées = $N_{\text{Kjeldahl}} \times 6.25$

2.1. Etablissement de modèles généraux de prédiction : comparaison entre valeurs estimées et valeurs mesurées

2.1.1. Prédiction des composés organiques majeurs

Les deux premières séries d'échantillons sont à la base des premières calibrations proche infrarouge dont les résultats ont été détaillés dans le rapport de décembre 1991 (tableau VIII.7).

Tableau VIII.7 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR des composés organiques de fourrages ligneux (décembre 1991)

% MS	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
MO	385	90.8	6.0	1.28	0.93	4.7	1.52	0.90
MAT	393	14.3	6.2	1.13	0.97	5.5	1.35	0.95
MGE	341	4.0	2.6	0.69	0.88	3.8	0.82	0.83
CBW	200	24.3	10.6	2.32	0.95	4.6	2.85	0.92
NDF	180	43.2	14.3	3.42	0.94	4.2	5.04	0.86
ADF	187	32.1	12.7	3.12	0.93	4.1	3.72	0.91
ADL	183	11.4	5.9	1.80	0.84	3.3	2.39	0.73
HEMIC	35	11.7	5.4	2.48	0.66	2.2	3.75	0.28
CEL	39	19.8	8.1	2.26	0.91	3.6	3.17	0.83

Avec l'acquisition d'un plus grand nombre d'échantillons, ces équations ont été confirmées et confortées. Les performances de ces équations ont été débattues lors de la réunion de travail de juin 1993 (tableau VIII.8).

Tableau VIII.8 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR des composés organiques de fourrages ligneux (juin 1993)

	N	MOY	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
MO	869	90.5	5.92	1.48	0.94	4.1	1.54	0.93
MAT	871	13.7	5.10	1.14	0.95	4.5	1.21	0.95
MGE	743	3.7	2.17	0.79	0.88	2.9	0.82	0.85
CBW	658	24.8	9.75	2.03	0.95	4.5	2.48	0.93
ENA	760	48.1	9.07	2.59	0.92	3.3	3.11	0.89
NDF	556	45.3	12.90	3.65	0.92	3.3	4.35	0.89
ADF	555	33.7	11.38	3.45	0.90	3.2	4.06	0.87
ADL	556	13.1	6.39	2.62	0.83	2.4	3.07	0.77
HEMIC	560	11.4	5.27	2.97	0.67	1.7	3.58	0.54
CEL	548	20.5	7.35	1.75	0.94	4.1	2.01	0.93
EB/10	26	477.3	15.1	7.70	0.74	2.0	8.72	0.65
TANPT	147	29.0	2.14	10.1	0.79	2.4	10.4	0.37

La prédiction des valeurs manquantes a été effectuée à l'aide de ces modèles. Le rapport de l'erreur standard de calibration à l'écart-type de la population constitue un bon outil pour évaluer les performances des équations. En effet, ce rapport exempt d'unité, permet la comparaison entre les différentes équations et ce, quel que soit le paramètre évalué. Dès que ce rapport est proche de 3.0, voire supérieur à 3.0 la calibration peut être utilisée.

On peut dès lors classer les différents critères en fonction de leur aptitude à être prédit par SPIR:

critères prédictibles:

MM ou MO, MAT, CBW, ENA, NDF, ADF, CEL, MGE

critères difficilement prédictibles

ADL, Hemic

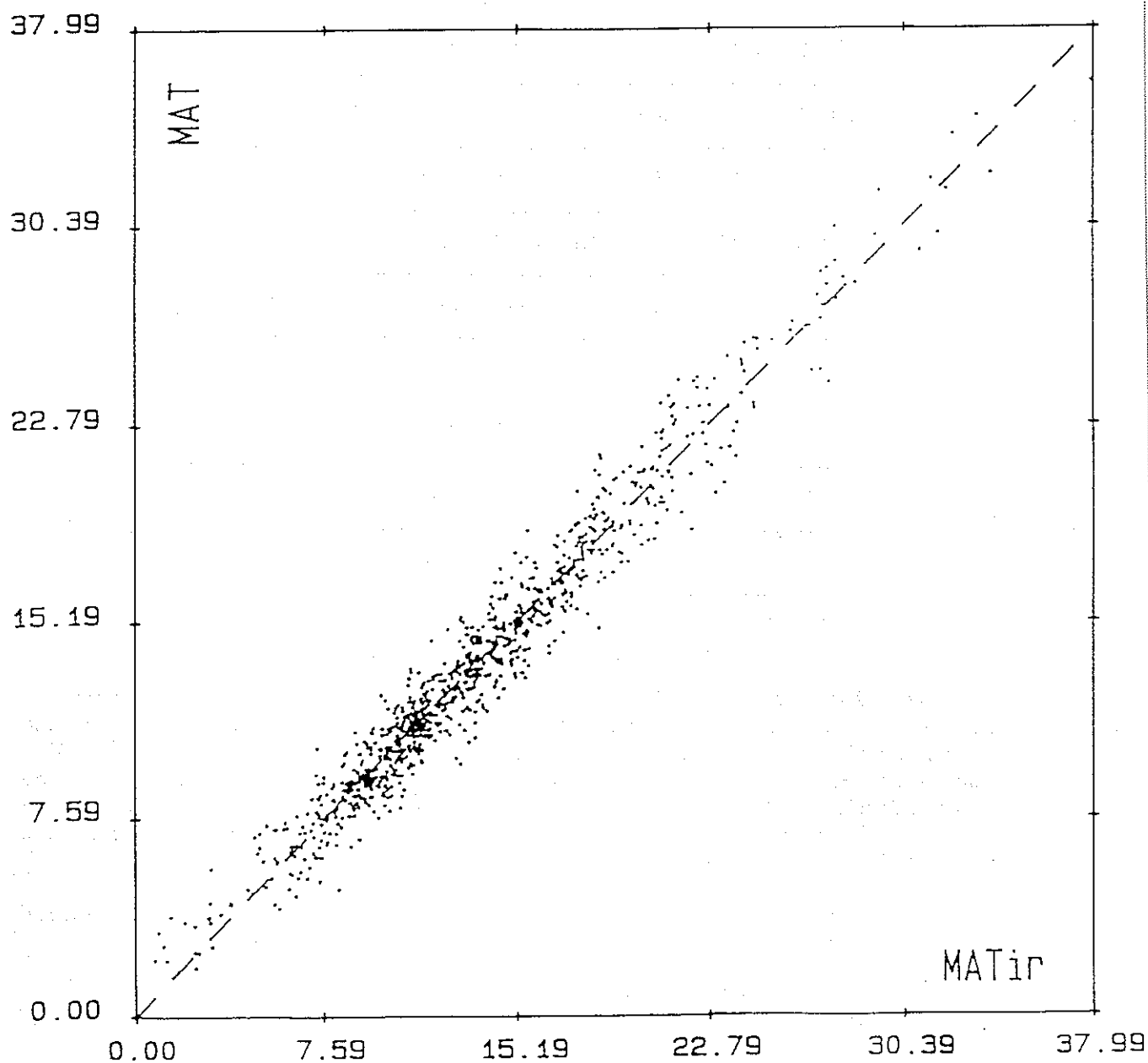
critères nécessitant un complément d'échantillons

EB/10, TANPT

La comparaison entre valeurs prédites et valeurs de référence pour la MAT est reprise à la figure VIII. 2.

Figure VIII.2 - Matières azotées totales : comparaison entre valeurs prédites par SPIR et valeurs de référence

N = 890
SEC = 1.14
 R^2_c = 0.95
SD/SEC = 4.5



De nouveaux essais effectués sur une base de données complémentaires (septembre 1993) ont confirmé ces résultats (tableau VIII.9).

Tableau VIII.9 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR des composés organiques de fourrages ligneux (septembre 1993)

	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
MO	1035	90.5	6.6	1.53	0.92	4.3	1.61	0.91
MAT	1050	13.5	5.6	1.09	0.95	5.2	1.15	0.95
MGE	899	3.8	2.5	0.80	0.86	3.1	0.84	0.84
CBW	808	24.6	9.7	2.32	0.94	4.2	2.48	0.93
CBS	148	20.6	5.0	1.89	0.93	2.6	2.2	0.90
NDF	843	46.1	13.4	4.42	0.89	3.0	4.71	0.87
ADF	827	34.3	12.4	4.12	0.87	3.0	4.43	0.85
ADL	801	13.4	7.5	2.97	0.77	2.5	3.18	0.74
HEMIC	840	10.9	5.8	3.38	0.59	1.7	3.67	0.52
CEL	811	7.7	20.3	1.93	0.93	4.0	2.06	0.92
EB/10	62	465.4	21.7	12.0	0.69	1.8	16.8	0.39
TANPT	296	23.1	21.9	9.2	0.78	2.4	10.2	0.73

La prédiction de la cellulose brute par la méthode Sharrer est plus difficile que la prédiction de la cellulose brute selon la méthode Weende (le rapport SD/SEC étant respectivement de 2.6 et de 4.2). On préférera cette dernière méthode pour l'évaluation de la teneur en cellulose brute⁽¹⁾. Compte tenu du peu de différence entre les performances des dernières équations (septembre 1993) et les précédentes, il ne nous paraît pas utile de refaire les prédictions sur base des derniers modèles. Exception sera faite pour les critères CBS, TANPT et EB.

Le nombre d'échantillons disponibles pour ce dernier critère n'est pas suffisant pour conclure de manière définitive (N=62). Pour ces trois critères de nouvelles prédictions ont été obtenues sur base des modèles développés en septembre 1993.

2.1.2. Prédiction des composés azotés

Lors des premiers essais, les composés ayant trait à la matière azotée étaient exprimés en pourcentage par rapport à la matière azotée totale (tableau VIII.10.). Dans les essais ultérieurs, les teneurs ont été ramenées en pourcentage par rapport à la matière sèche. En effet, la SPIR répond plutôt à une concentration (tableaux VIII. 11 et VIII.12)

Sur base de ces résultats, on peut classer les paramètres selon leur aptitude à être prédit par SPIR.

critères prédictibles

MAS, MApro1_{ms}

critères difficilement prédictibles

MAadf_{ms}

critères nécessitant plus d'échantillons

MApro2_{ms}, MApep

La comparaison entre valeurs prédites et les valeurs de référence de l'azote soluble est reprise à la figure VIII.3.

2.1.3. Prédiction de la digestibilité in-vitro

La digestibilité des fourrages ligneux tropicaux a été approchée sur base de méthodes enzymatiques (SMS, SMO) et sur base de la méthode *in vitro* du "gastest" développée par l'université d'Hohenheim (GT, dMO_{GT}, EM_{GT}/10 et dMA_{GT}). La prédiction de ces critères de digestibilité par SPIR a été étudiée.

(1) la technique de Sharrer est en fait abandonnée au CIRAD-IEMVT depuis 1978.

Tableau VIII.10 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR des composés azotés de fourrages ligneux (décembre 1991)

% MAT	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
S	107	24.1	13.8	4.6	0.84	3.0	6.5	0.78
MAadf _{ma}	159	14.6	8.7	4.1	0.80	2.1	5.2	0.68
MAprol _{ma}	79	36.1	15.6	8.6	0.71	1.8	10.6	0.56
MApro2 _{ma}	43	58.0	13.1	6.0	0.78	2.2	8.8	0.53
MApep _{ma}	61	60.6	21.9	11.9	0.67	1.8	13.9	0.55

Tableau VIII.11 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR des composés azotés de fourrages ligneux (juin 1993)

% MS	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
MAS	125	4.2	3.29	0.82	0.94	3.8	1.21	0.87
MAadf _{ma}	509	2.4	1.47	0.75	0.72	1.9	0.90	0.63
MAprol _{ms}	446	4.3	3.23	0.95	0.90	3.3	1.09	0.88
MApro2 _{ms}	43	9.9	4.45	0.84	0.97	5.0	1.55	0.90
MApep _{ms}	65	10.2	6.51	1.98	0.90	3.5	2.40	0.86

Figure VIII.3 - Azote soluble : comparaison entre valeurs prédites par SPIR et valeurs de référence

N = 125
SEC = 0.82
 R^2_c = 0.94
SD/SEC = 3.8

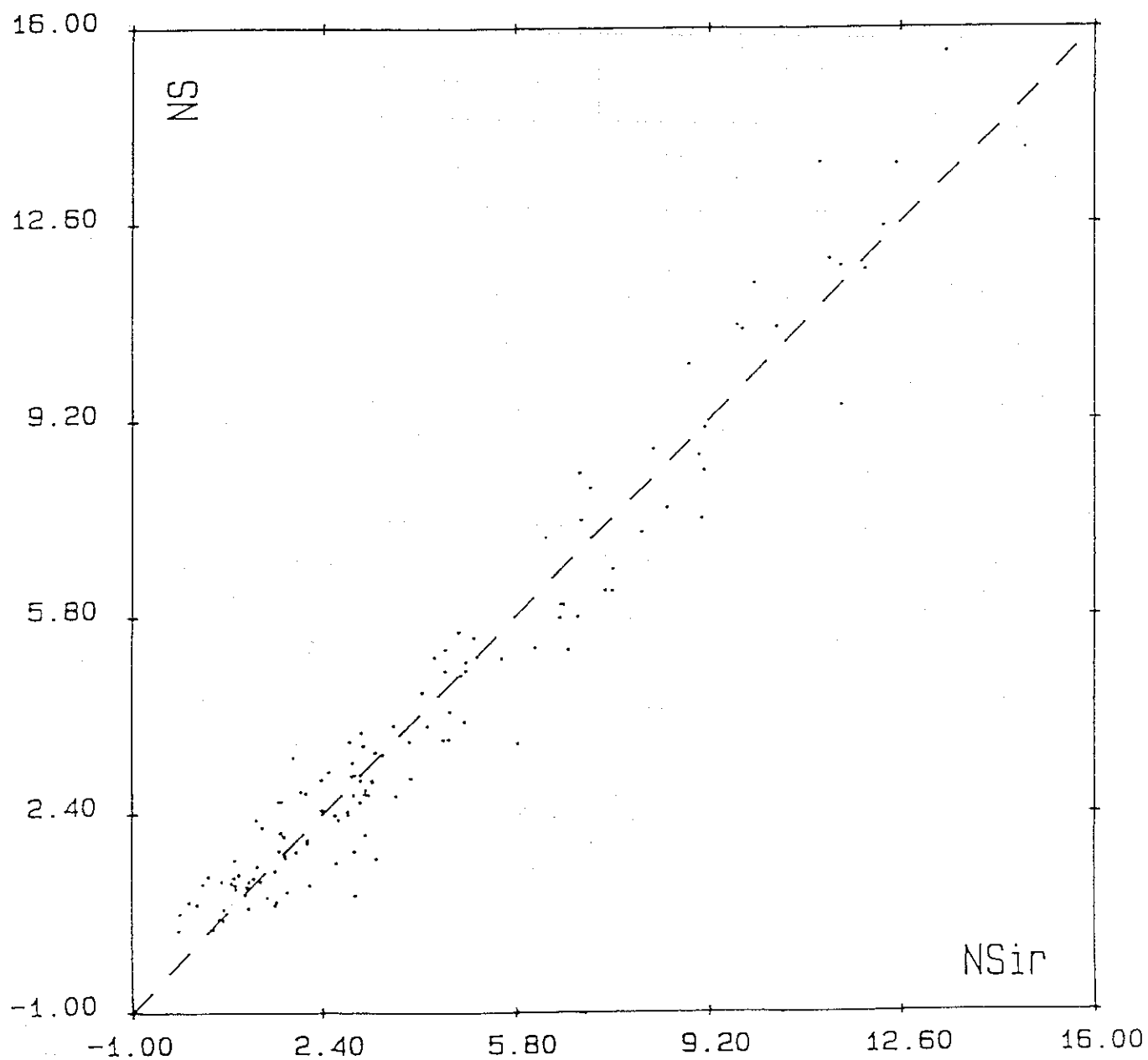


Tableau VIII.12 - Performances des équations de prédiction par SPIR des composés azotés de fourrages ligneux (septembre 1993)

% MS	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SEV	R ² _v
MAS	129	4.1	3.6	1.02	0.90	3.5	1.27	0.85
MAadf _{ms}	792	2.4	1.8	0.80	0.71	2.3	0.86	0.67
MApro1 _{ms}	691	4.2	3.4	0.94	0.89	3.6	1.02	0.87
MApro2 _{ms}	59	9.4	4.8	1.23	0.92	4.0	1.32	0.91
MApep _{ms}	67	10.2	6.4	1.45	0.95	4.4	2.00	0.90

Les résultats obtenus sont repris aux tableaux VIII.13, VIII.14 et VIII.15. Les premiers résultats obtenus pour les critères SMS et SMO se sont confirmés avec l'augmentation de l'échantillonnage. Ces deux critères sont aisément prédictibles par SPIR. Parmi les critères liés au gastest, la dMO_{GT} est le critère le plus aisé à prédire.

La prédiction des critères GT et, EM_{GT} et dMA_{GT} est plus délicate. La relation entre valeurs prédites et valeurs de référence est reprise aux figures VIII.4 et VIII.5 pour SMO et dMO_{GT}.

Tableau VIII.13 - Performances des équations de prédiction par SPIR de la digestibilité de fourrages ligneux (décembre 1991)

	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SEV	R ² _v
SMS	147	56.0	15.3	4.10	0.93	3.82	5.29	0.89
SMO	144	53.2	16.0	4.24	0.93	3.8	5.29	0.90

Tableau VIII.14 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR de la digestibilité de fourrages ligneux (juin 1993)

	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SEV	R ² _v
SMS	403	54.5	16.90	4.46	0.94	3.5	5.55	0.89
SMO	400	51.7	17.68	4.80	0.93	3.5	5.87	0.89
GT	451	26.2	11.90	4.11	0.88	2.8	4.87	0.83
dMO _{GT}	455	50.9	13.17	3.79	0.91	3.3	4.36	0.88
EM _{GT} /10	451	167.5	44.39	16.11	0.86	2.7	18.42	0.82

Tableau VIII.15 - Performances des équations pour la prédiction par SPIR de la digestibilité de fourrages ligneux (septembre 1993)

	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SEV	R ² _v
SMS	597	59.0	17.5	5.22	0.91	3.4	5.71	0.89
SMO	586	51.8	18.3	5.43	0.91	3.4	6.10	0.88
GT	906	23.4	11.4	4.54	0.82	2.5	4.77	0.80
dMO _{GT}	835	48.5	12.4	3.97	0.89	3.1	4.22	0.88
EM _{gt} /10	721	158.6	43.3	16.35	0.84	2.6	17.35	0.82
dMA _{GT}	147	12.8	14.6	6.2	0.77	2.4	7.77	0.65
MAD _{GT} (g/kg ms)	142	19.9	29.2	11.1	0.77	2.0	14.6	0.60

Figure VIII.4 - Solubilité de la matière organique : comparaison entre valeurs prédites par SPIR et valeurs de référence

N = 400
SEC = 4.80
 R^2_c = 0.93
SD/SEC = 3.5

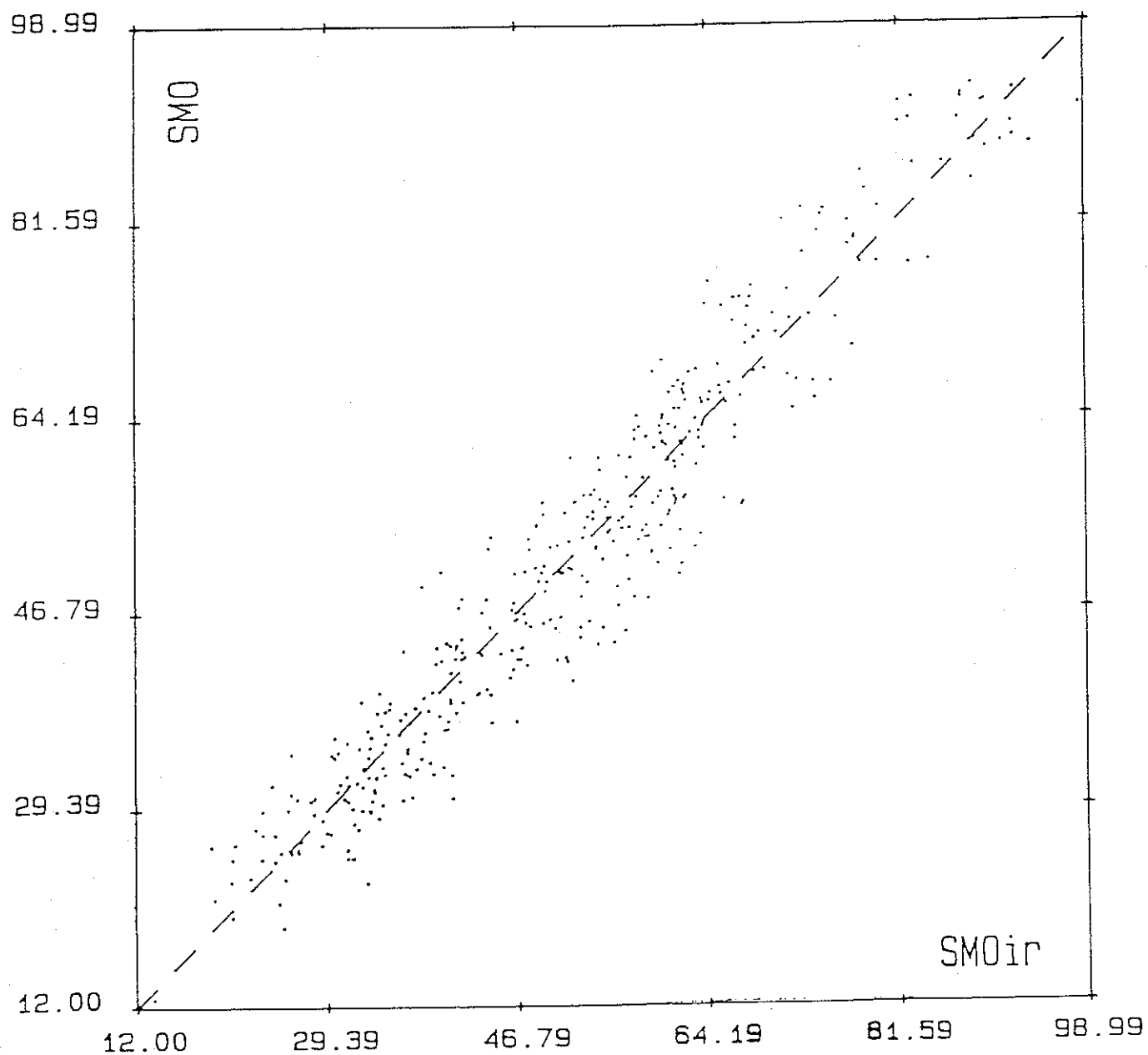
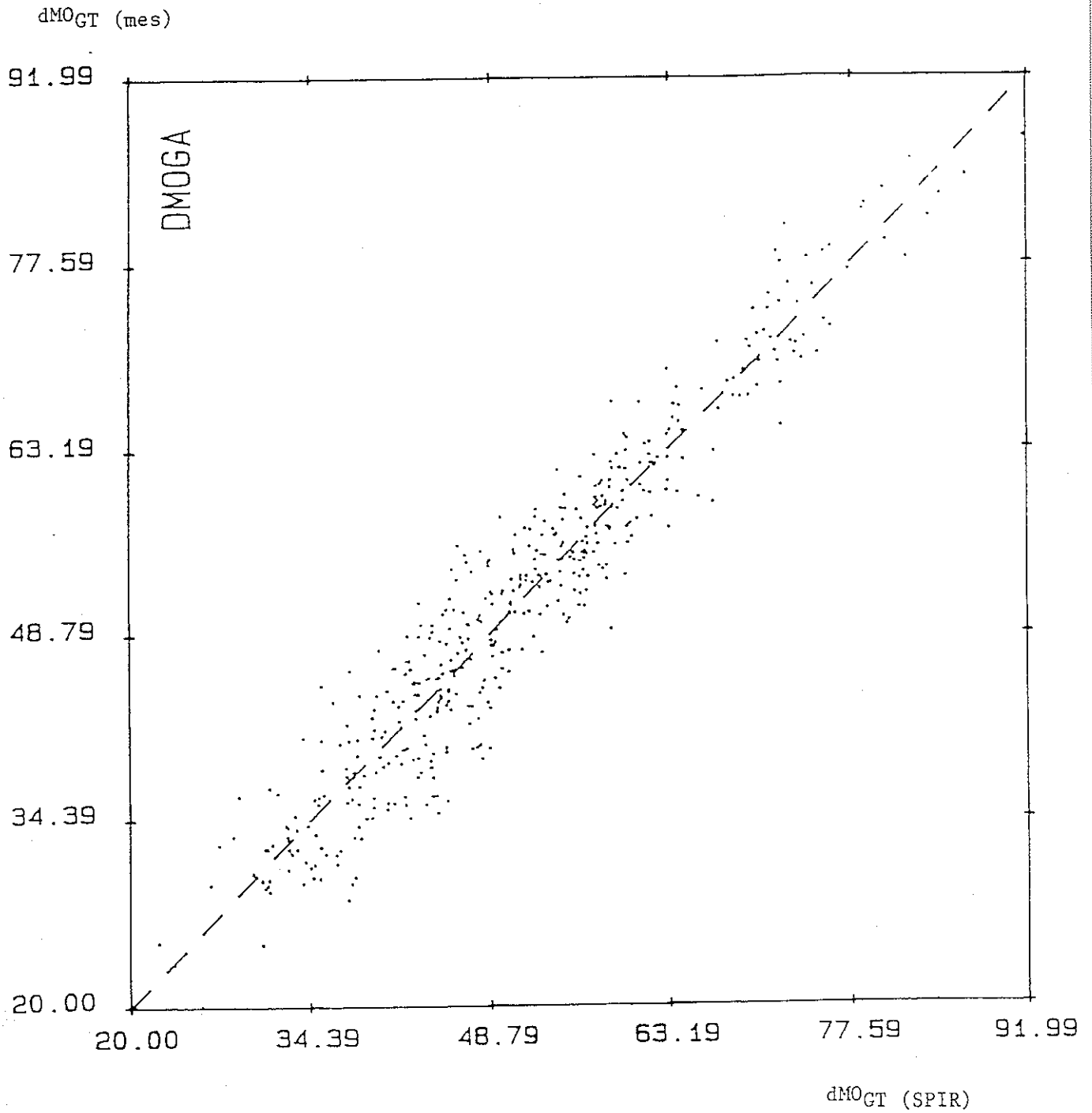


Figure VIII.5 - Digestibilité de la matière organique (gastest) :
comparaison entre valeurs prédites dMO_{GT} (SPIR) par SPIR
et valeurs de référence dMO_{GT} (mes)

N = 455
SEC = 3.80
 R^2_c = 0.91
SD/SEC = 3.3



2.1.4. Prédiction des composés minéraux

La SPIR est essentiellement dévolue à l'analyse des composés organiques (liaisons OH, NH, CH). Les composés minéraux ne répondent pas directement dans la gamme de l'infrarouge proche. Cependant, on peut, dans certains cas, avoir des effets indirects sur des constituants organiques.

Seul le calcium semble pouvoir être dosé par SPIR (tableau VIII.16).

Tableau VIII.16 - Performances des équations pour la prédiction par proche infrarouge des composés minéraux de fourrages ligneux

	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SEV	R ² _v
K	495	1.2	0.56	0.30	0.71	1.9	0.34	0.64
ICI	411	1.1	1.27	0.72	0.68	1.8	0.87	0.53
Ca	624	1.3	0.96	0.32	0.89	3.0	0.36	0.86
PT	616	0.2	0.07	0.04	0.71	1.8	0.04	0.63
Mg	494	0.3	0.19	0.08	0.82	2.4	0.09	0.77
Cu	127	7.5	3.72	2.55	0.53	1.5	3.36	0.19
Zn	125	25.1	10.85	7.03	0.58	1.5	8.25	0.43
Co	114	0.8	0.93	0.62	0.56	1.5	0.85	0.16
Mn/10	125	14.8	18.48	9.24	0.75	2.0	13.53	0.46
Fe/10	127	59.5	53.34	26.13	0.76	2.0	36.61	0.54
Na/10	70	31.2	56.05	20.21	0.87	2.8	31.75	0.68

2.2. Regroupement d'espèces sur base des données spectrales et analytiques ; établissement d'équations spécifiques

La base de données constituée en cours de projet présente une grande variabilité. Elle intègre un grand nombre d'espèces, de familles, d'organes différents collectés à différents stades de développement, à plusieurs saisons dans plusieurs stations agroclimatologiques et sur un grand nombre d'années. La majorité des échantillons a cependant été réunie de 1991 à 1993.

De ce fait la variation spectrale de l'ensemble des échantillons est importante. L'analyse en composantes principales a montré qu'il fallait 32 axes indépendants pour qualifier cette population. Alors que, bien souvent, 10 à 12 axes suffisent.

Sur base des données spectrales, il n'a pas été possible de constituer des sous-groupes plus homogènes et suffisamment distants l'un de l'autre.

2.2.1. Calibration sur base de groupes

Une procédure "fastclust" du logiciel SAS a permis de distinguer quatre groupes sur base des valeurs analytiques déterminées en laboratoire. Des équations distinctes ont été obtenues pour chacun des groupes. Les performances de ces équations se sont avérées similaires à celles obtenues sur l'ensemble de la population.

La constitution de groupes sur cette base n'a pas permis d'améliorer les résultats pour les critères testés (tableau VIII.17). La distinction de groupes conduit à une réduction de l'effectif ce qui autorise à mettre moins de termes lors de l'établissement des modèles prédictifs (maximum 1 terme pour 10 échantillons).

Tableau VIII.17 - Performances des équations établies après constitution de groupe sur les valeurs laboratoires (Fastelust du logiciel SAS)

p.100 MS	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
<u>Base totale</u>								
MAT	393	14.3	6.2	1.13	0.97	5.5	1.35	0.95
MGE	341	4.0	2.6	0.69	0.88	3.8	0.82	0.83
NDF	180	43.2	14.3	3.42	0.94	4.2	5.04	0.86
ADF	187	32.1	12.7	3.12	0.93	4.1	3.72	0.91
ADL	183	11.4	5.9	1.80	0.84	3.3	2.39	0.73
<u>Groupe SAS1</u>								
MAT	68	9.1	3.1	1.01	0.87	3.1	1.57	0.69
MGE	68	3.7	1.3	0.78	0.58	2.8	0.90	0.44
NDF	69	37.4	10.0	4.05	0.82	2.5	5.66	0.65
ADF	68	25.0	6.4	2.20	0.88	2.9	3.33	0.73
ADL	71	8.7	2.7	1.31	0.75	2.1	1.75	0.56
<u>Groupe SAS2</u>								
MAT	47	11.0	3.2	0.92	0.90	3.5	1.66	0.68
MGE	51	6.8	3.2	1.52	0.71	2.1	2.09	0.45
NDF	50	37.4	8.0	3.61	0.80	2.2	5.25	0.57
ADF	50	28.7	6.0	2.57	0.81	2.3	3.50	0.65
ADL	50	11.9	3.7	1.54	0.82	2.4	2.25	0.62
<u>Groupe SAS3</u>								
MAT	55	10.3	4.5	1.45	0.90	3.1	1.65	0.87
MGE	55	2.8	2.0	0.48	0.94	4.2	0.77	0.86
NDF	56	59.0	8.9	3.61	0.84	2.5	5.54	0.63
ADF	54	46.7	8.4	2.97	0.87	2.8	4.14	0.75
ADL	54	17.0	6.0	2.65	0.74	2.3	4.01	0.40

2.2.2. Calibrations par famille et par genre

Des essais de calibration de la teneur en protéines ont été effectués en opérant sur la famille des Mimosaceae qui, en nombre d'échantillons, est la plus représentée.

Cette famille a été considérée dans son ensemble en séparant les feuilles des fruits. Le genre *Acacia* a été considéré, séparément en distinguant les feuilles, les fruits et les gousses. Les résultats doivent être pris avec réserve lorsque le nombre d'échantillons est trop réduit ($N < 30$).

Des résultats du tableau VIII.18, il ressort que la distinction entre la famille, le genre, ou les organes ne permet pas d'améliorer la précision des modèles prédictifs.

Tableau VIII.18 - Résultats des calibrations de la teneur en protéines en considérant la famille de *Mimosaceae* et le genre *Acacia*

Population	N	Moy	SD	SEC	R ² _c	SD/SEC	SECV	R ² _v
<u>Base totale</u>	393	14.3	6.2	1.13	0.97	5.5	1.35	0.95
Mimosaceae								
feuilles et fruits	102	16.7	5.2	1.07	0.96	4.9	1.33	0.93
feuilles	39	17.1	5.7	1.56	0.93	3.7	1.79	0.90
fruits	39	15.5	5.1	1.14	0.95	4.5	1.27	0.94
Acacia								
feuilles, fruits, gousses	71	16.4	4.5	0.99	0.95	4.5	1.36	0.91
feuilles	25	14.3	4.8	1.23	0.92	3.9	1.36	0.90
fruits	33	16.5	4.8	1.21	0.94	4.0	1.25	0.93
gousses	19	16.5	5.4	0.84	0.98	6.4	0.87	0.97

2.2.3. Sélections spectrales

Sur base d'une sélection raisonnée de quelques espèces, des groupes ont été constitués en utilisant une sélection basée sur l'analyse en composantes principales des données spectrales.

Les espèces étudiées sont :

Acacia senegal	(AS)
Ficus sycomorus	(FS)
Balanites aegyptia	(BA)
Daniellia oliveri	(DO)
Boscia senegalensis	(BS)
Ziziphus mauritania	(ZM)

A partir de ces six noyaux de départ, six populations ont été constituées sur base de la distance spectrale.

Les distances croisées entre ces différents groupes sont reprises au tableau VIII.19 et constituent la figure VIII.6.

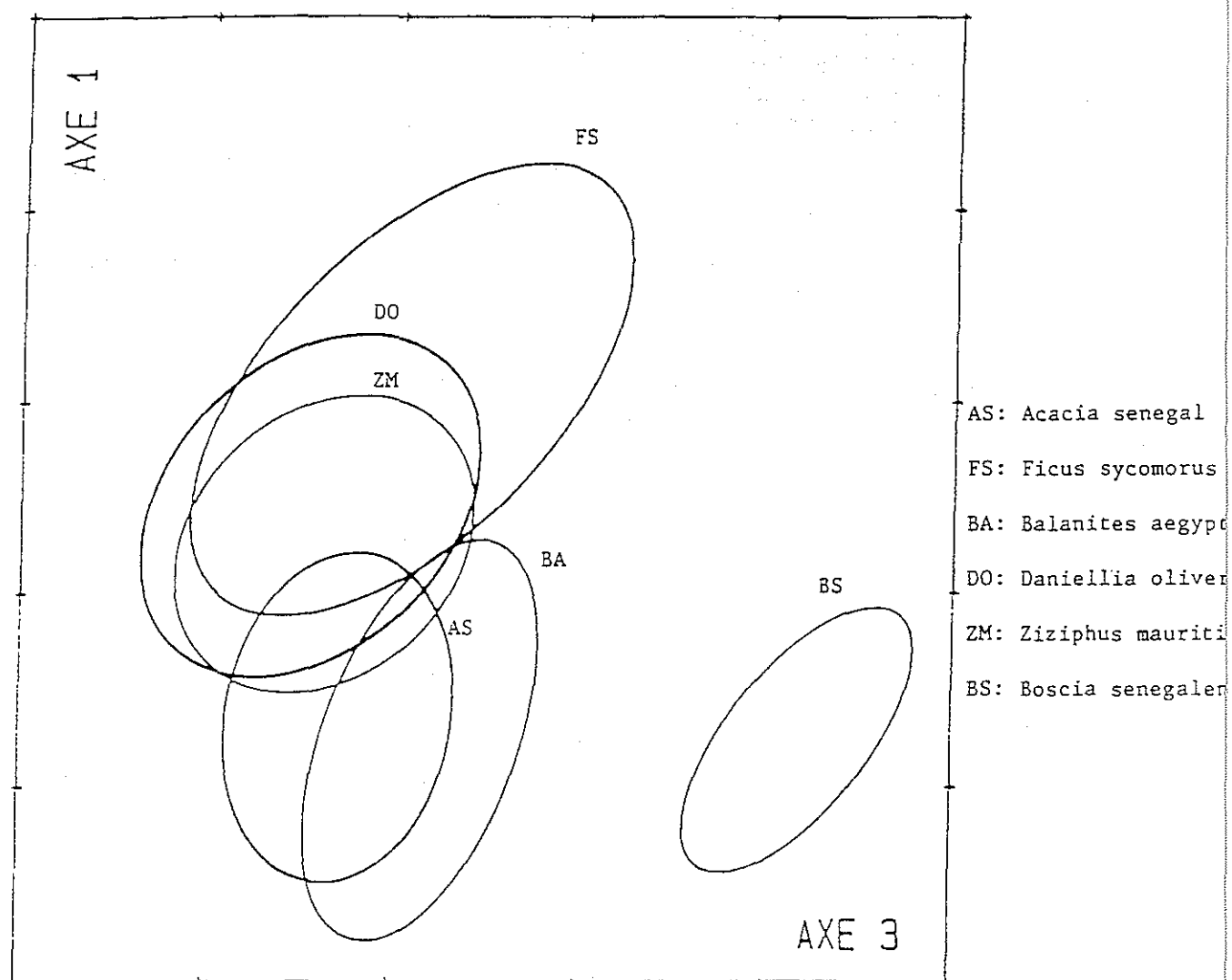
Tableau VIII.19 - Distances généralisées selon Mahalanobis : H croisés

test	réf	AS	FS	BA	DO	BS	ZM
AS		-	3.0	1.9	3.6	12.0	2.2
FS		3.9	-	3.3	2.8	12.7	2.3
BA		3.7	5.6	-	4.2	16.5	4.4
DO		3.0	2.2	2.2	-	8.4	8.1
BS		17.8	11.4	5.2	9.4	-	8.1
ZM		2.3	2.1	1.8	2.1	9.3	-

AS : Acacia senegal
 FS : Ficus sycomorus
 BA : Balanites aegyptia
 DO : Daniellia oliveri
 BS : Boscia senegalensis
 ZM : Ziziphus mauritania

Figure VIII.6 - Visualisation des groupes 1, 2 et 3 selon les axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales sur les spectres obtenus par SPIR

IEMVT : DISTINCTION DE GROUPES



L'étendue des ellipses représente la variabilité au sein du groupe considéré. La variabilité de DO et ZM est pratiquement couverte par FS. Les groupes AS et BA se recouvrent fortement alors que BS est une population peu variable et bien distincte des autres espèces.

Par rapport à celles-ci, BS présente une distance généralisée élevée (tableau VIII.19). Dès lors, trois groupes ont été constitués :

groupe 1: AS, BA
groupe 2: BS
groupe 3: FS, DO, ZM.

Cette démarche a été étendue à d'autres espèces :

Parinari curatellifolia (PA)
Piliostigma thonningii (PI)
Pterocarpus erinaceus (PT)
Salvadora persica (SP)
Spondias mombin (SM)

Sur base des distances généralisées (H croisés) il ressort que le groupe 2 est très distinct des autres et que seule l'espèce SP se distingue des trois autres groupes. Dès lors, on a considéré les trois groupes précédents et le groupe 4 constitué de l'espèce Salvadora persica. Cette espèce est bien distincte et présente une grande plage de variabilité (tableau VIII.20 et figure VIII.7).

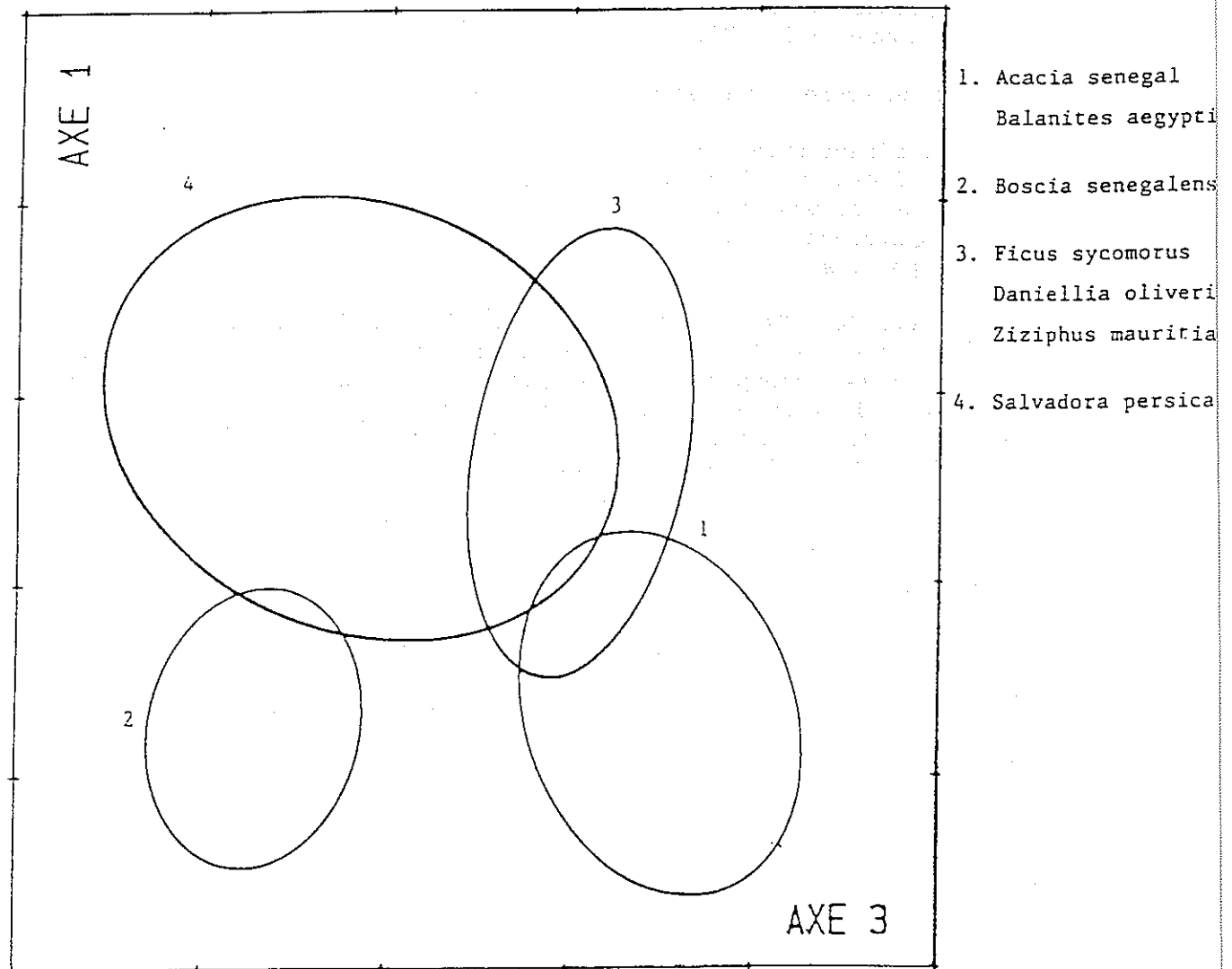
Tableau VIII.20 - Distances généralisées selon Mahalanobis : H croisés

test	réf	GR1	GR2	GR3	PA	PI	PT	SP	SM
GR1		-	12.0	2.8	4.3	2.3	2.4	3.1	3.6
GR2		8.5	-	7.5	7.4	12.7	3.7	2.9	6.1
GR3		2.7	12.2	-	2.6	2.2	2.7	1.7	2.0
PA		2.7	13.2	1.8	-	1.8	2.1	1.7	2.2
PI		2.8	11.5	2.4	3.8	-	2.2	2.4	2.1
PT		2.7	11.3	2.9	4.5	1.9	-	3.9	3.1
SP		9.6	16.5	9.3	10.9	9.5	9.6	-	7.2
SM		3.2	11.8	2.7	3.1	2.2	2.0	1.6	-

ESPECES	GR
AS : Acacia senegal	1
BA : Balanites aegyptia	1
BS : Boscia senegalensis	2
FS : Ficus sycomorus	3
DO : Daniellia oliveri	3
ZM : Ziziphus mauritania	3
PA : Parinari curatellifolia	
PI : Piliostigma thonningii	
PT : Pterocarpus erinaceus	
SP : Salvadora persica	4
SM : Spondias mombin	

Figure VIII.7 - Visualisation des groupes 1 à 4 selon les axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales sur les spectres obtenus par SPIR

IEMVT DISTINCTION DE GROUPES



Sur chacun de ces groupes, des modèles prédictifs ont été établis (tableau VIII.21).

Les effectifs par groupe sont plus réduits et autorisent moins de termes lors de l'établissement du modèle (soit 1 terme par 10 échantillons au maximum).

Dans de rares cas, les précisions sont améliorées : le critère MAT du groupe 3, GT des groupes 2 et 4, dMO_{GT} du groupe 4. Pour les autres cas les précisions sont ou stables ou diminuées. Au vu de ces essais, il ne nous paraît pas judicieux d'effectuer des calibrations par groupe. On peut en rester à des équations générales valables pour une grande diversité d'échantillons.

La distinction des groupes sur base des spectres a été utilisée pour établir des régressions liant la dMO_{GT} aux autres paramètres.

Tableau VIII.21 - Etablissement de modèles prédictifs sur chacun des groupes botaniques obtenus par analogie spectrale

	N	Moy	SD	SEC	R^2_c	SD/SEC	SECV	R^2_v
Population totale								
MAT	871	13.7	5.1	1.14	0.95	4.5	1.21	0.95
GT	451	26.2	11.9	4.11	0.88	2.8	4.87	0.83
dMO_{GT}	455	50.9	13.2	3.79	0.91	3.3	4.36	0.88
$EM_{GT}/10$	451	167.5	44.4	16.11	0.86	2.7	18.42	0.82
Groupe 1								
MAT	109	18.7	6.1	1.47	0.94	4.1	1.63	0.93
GT	96	30.2	6.9	3.28	0.74	2.1	4.03	0.60
dMO_{GT}	87	57.4	6.3	2.67	0.79	2.4	3.30	0.68
$EM_{GT}/10$	87	189.9	27.2	15.27	0.68	1.8	17.61	0.60
Groupe 2								
MAT	37	19.0	3.5	1.06	0.89	3.3	1.20	0.86
GT	36	24.1	3.9	1.26	0.86	3.1	1.64	0.77
dMO_{GT}	35	51.8	5.4	1.53	0.90	3.5	2.13	0.82
$EM_{GT}/10$	33	159.2	19.3	7.23	0.83	2.7	9.60	0.71
Groupe 3								
MAT	216	12.5	3.7	0.72	0.96	5.1	0.83	0.94
GT	181	20.5	8.9	3.30	0.86	2.7	3.86	0.81
dMO_{GT}	167	46.3	9.4	2.91	0.91	3.2	3.35	0.88
$EM_{GT}/10$	153	141.9	32.8	13.40	0.83	2.4	16.12	0.76
Groupe 4								
MAT	40	12.8	4.1	1.14	0.91	3.6	1.74	0.80
GT	35	34.3	9.1	2.50	0.93	3.6	3.30	0.87
dMO_{GT}	35	67.5	14.9	1.81	0.99	8.2	2.55	0.97
$EM_{GT}/10$	28	185.4	28.3	14.53	0.65	2.0	17.29	0.50

2.3. Prédiction de la dégradabilité in vitro par le gastest (dMO_{GT}) à partir des valeurs de composition chimique ou de dégradabilité enzymatique prédites par SPIR

A partir des modèles SPIR établis, les échantillons sont prédits pour chacun des constituants (MO, MAT, MGE, NDF, ADF, ADL, HEMIC, CEL, MAS, MA_{ADFms} , MA_{PRO1ms} , MA_{PRO2ms} , EB, SMS, SMO, TANPT, CBW, MA_{pep}) (VI.6.2.c). A partir de ces valeurs prédites, nous avons cherché à estimer la dMO_{GT} par des régressions multilinéaires. Celles-ci ont été menées en considérant l'ensemble des échantillons (groupes 1, 2, 3 et 4) et en considérant les groupes séparément (tableau VIII.22.).

groupe 1 : *Acacia senegal* (AS) *Balanites aegyptia* (BA)
 groupe 2 : *Boscia senegalensis* (BS)
 groupe 3 : *Ficus sycomorus* (FS)
 Daniellia oliveri (DO)
 Ziziphus mauritiana (ZM)
 groupe 4 : *Salvadora persica* (SP)

Faisant abstraction de la dispersion (SD) de chacune des populations, on améliore la précision de la relation en considérant les groupes séparés. Lorsque l'on intègre la dispersion de chacun des groupes, l'intérêt n'est plus si net. Compte tenu de ces résultats, il ne nous paraît pas indispensable d'opérer de distinction entre les différents groupes.

Lors de l'établissement de ces régressions, le critère SMO ou SMS intervient à chaque fois EB et MAS ressortent dans trois équations, TANPT et MA_{PRO2} interviennent dans deux équations.

Sur l'ensemble des groupes la dMO_{GT} peut être estimée à partir des valeurs prédites de SMS, EB, MAS, TANPT.

Tableau VIII.22 - Régressions multilinéaires en vue d'estimer la dMO_{GT} sur base des valeurs prédites des autres paramètres

groupes	N	Moy	SD	ETR	R ²	SD/ETR	Critères
1 à 4	591	50,5	10,9	3,21	0,91	3,4	SMS, EB, NSms, TANPT
1	135	57,2	5,9	2,90	0,74	3,0	SMO, MA_{PRO1} , MA_{PRO2} , MA_{pcp}
2	43	52,1	4,7	1,26	0,93	3,7	EB, MAS, SMO
3	368	45,8	8,8	2,66	0,91	3,3	EB, SMS, MAS, TANPT
4	50	65,6	15,0	3,13	0,96	4,8	MA_{pcp} , SMS, MA_{PRO2} , MO

2.4. Essais sur une espèce importante : *Faidherbia albida*

Faidherbia albida constitue une espèce qui revêt un intérêt particulier dans la zone géographique étudiée. Cette espèce étant représentée dans la base de données (76 échantillons dont 40 de feuilles, 32 de fruits et 4 échantillons d'organes indéfinis), son étude plus approfondie a été menée. Les résultats des prédictions obtenues sur des modèles généraux établis sur l'ensemble des données disponibles (tableau VIII.23) ont été comparés avec des modèles établis sur la seule espèce envisagée (tableau VIII.24). Il ressort de ces essais que les prédictions obtenues sur modèles spécifiques conduisent à de meilleurs résultats. Pour autant qu'une espèce soit suffisamment représentée et pour autant qu'elle présente une variabilité spectrale et chimique suffisante, on peut arriver à améliorer les précisions en établissant des modèles spécifiques. Ceci n'est pas nécessairement généralisable à toutes les espèces étudiées dans le cadre du projet.

2.5. Essais d'un mode de calibration particulier la "Local Weighted Regression"

Avec l'accroissement des performances des micro-ordinateurs, de nouveaux concepts de calibration ont vu le jour. L'un de ceux-ci, la "Local Weighted Regression" ou calibration locale est particulièrement adapté à de grosses bases de données présentant une grande variabilité spectrale. Avec près d'un millier d'échantillons de différentes espèces végétales, la base de données disponibles dans ce projet rencontre ces caractéristiques.

Ce mode de calibration repose sur le principe suivant :

1. On dispose d'un set restreint d'échantillon à prédire (quelques dizaines d'échantillons).

2. On dispose d'une large base de données spectrales et analytiques (de l'ordre du millier).

3. Par analogie spectrale, on recherche, pour chaque échantillon à prédire, les n échantillons dans la base de données qui lui sont les plus proches (de l'ordre de la centaine d'échantillons à optimiser).

4. On établit un modèle prédictif sur ces n échantillons et on prédit l'échantillon inconnu. Par cette technique, chaque échantillon est en prédiction pure et a une calibration qui lui est spécifique. En outre, cette technique met mieux en évidence des échantillons présentant une grande discordance entre les valeurs laboratoires et les valeurs prédites.

Dans le cadre de cette étude, les aberrants spectraux ont été écartés lorsque la distance généralisée de Mahalanobis excède 3.0. Les aberrants laboratoires ont été écartés en prédisant toute la base de données en mode local. Une centaine d'échantillons ont été sélectionnés pour constituer un set de prédiction pure et le reste sert à la calibration. Les performances des prédictions en mode local sont comparées à celles obtenues par voie classique. Le tableau VIII.25 montre que dans la majorité des cas, les performances obtenues en mode local sont supérieures. Compte tenu de la lenteur de ce mode de calibration, nous avons limité les possibilités au niveau du traitement mathématique des spectres (correction de ligne de base et dérivée première) et du nombre d'échantillons choisis ($n = 150$).

Tableau VIII.23 - Prédiction des échantillons de *Faidherbia albida* sur modèles existants établis sur l'ensemble de la base de données

	N	R ²	SEP	Pente	Biais
MO	75	0.91	1.15	0.99	0.49
MAT	75	0.90	0.95	0.99	-0.43
MGE	75	0.89	1.37	1.40	0.74
NDF	45	0.85	3.12	0.86	1.21
ADF	74	0.66	5.09	0.59	0.13
ADL	74	0.55	3.48	0.89	1.91
HEMIC	45	0.04	2.96	0.24	-1.12
CEL	74	0.88	2.15	1.08	0.82
SMS	44	0.67	6.37	0.79	0.97
SMO	44	0.61	7.22	0.79	0.79

Tableau VIII.24 - Précisions des modèles établis sur les échantillons de *Faidherbia albida*

	N	SEC	R ² c	SECV	R ² v
MO	75	0.51	0.98	0.87	0.94
MAT	71	0.53	0.93	0.84	0.81
MGE	72	0.38	0.98	0.45	0.97
NDF	45	2.00	0.92	3.45	0.77
ADF	68	1.20	0.92	1.86	0.80
ADL	73	1.61	0.79	2.04	0.66
HEMIC	45	2.02	0.27	2.45	0.00
CEL	74	0.94	0.97	1.55	0.93
SMS	43	1.77	0.97	3.53	0.86
SMO	41	1.97	0.93	2.83	0.86

Tableau VIII.25 - Comparaison entre des modèles établis en mode local et par régressions multilinéaires classiques (PLS)

	MODE LOCAL			MODE PLS		
	SEP	R ²	SD/SEP	SEP	R ²	SD/SEP
MO	1.25	0.95	4.3	1.77	0.90	3.0
MAT	1.25	0.94	4.1	1.24	0.94	4.1
MGE	0.65	0.92	5.9	1.05	0.80	3.6
NDF	3.83	0.91	3.4	5.43	0.84	2.4
ADF	3.29	0.92	3.5	4.32	0.88	2.7
ADL	2.31	0.91	3.3	3.23	0.84	2.4
HEMIC	2.98	0.65	1.7	3.44	0.52	1.4
CEL	1.87	0.90	3.1	2.19	0.86	2.7
GT	3.58	0.90	3.1	4.86	0.81	2.3
DMOgt	3.26	0.93	3.8	4.72	0.85	2.6
EMgt/10	14.26	0.88	2.8	18.72	0.79	2.2

3. ESSAIS SUR ANIMAUX : DEGRADABILITE *IN SACCO*, DIGESTIBILITE *IN VIVO*

Sur base de données analytiques obtenues sur animaux les paramètres suivants ont été testés :

DTMA : dégradabilité théorique de la MAT, *in sacco*
 DTMS : dégradabilité théorique de la MS, *in sacco*
 DMSV : digestibilité de la MS, *in vivo*
 DMOV : digestibilité de la MO, *in vivo*

Compte tenu du faible effectif disponible (N=7), il n'a pas été possible d'établir un modèle prédictif pour le critère DTMS. Pour les autres critères, les effectifs sont réduits et les modèles obtenus doivent être considérés comme orientatifs et susceptibles d'être améliorés en augmentant l'effectif (tableau VIII.23). Une augmentation d'effectif permet de mettre plus de termes dans l'équation de prédiction et obtenir ainsi une équation plus robuste.

Il semblerait au vu de ces résultats que le critère DMOV soit le plus aisément prédictible.

Pour comparaison, la prédiction de la digestibilité de la matière organique *in vivo* d'herbe et de foin a conduit aux résultats suivants:

N = 337, SEC = 2.00, $R^2c = 0.92$, SD/SEC = 3.3.

Compte tenu du faible échantillonnage disponible et de la grande diversité de la base de données à prédire, il nous paraît hasardeux d'utiliser ces modèles en prédiction. Ces modèles demandent à être confirmés par un plus grand nombre d'échantillons représentatifs de la population des fourrages ligneux étudiée.

Tableau VIII.26 - Prédiction de la digestibilité des fourrages ligneux (*in sacco* et *in vivo*)

	N	Moy	SD	SEC	R^2c	SD/SE C	SECV	R^2v
DTMA	19	58,0	18,9	12,0	0,60	1,6	13,9	0,43
DMSV	33	49,1	10,7	5,7	0,71	1,9	6,2	0,66
DMOV	30	53,6	11,6	4,2	0,82	2,7	4,7	0,76

CONCLUSION

En général, les corrélations entre les valeurs obtenues par méthodes de référence et prédites par SPIR sont bonnes pour la plupart des composés organiques. Cependant, comparés à des résultats antérieurs (tableaux VIII.3, VIII.4 et VIII.5), les résultats que nous obtenons sont moins précis (tableau VIII.12 et VIII.15) pour les paramètres MAT, SMO (ou DMO_{gt}), MO et moins encore pour des paramètres tels que NDF, ADF, ADL.

Une partie de l'explication réside dans la grande hétérogénéité botanique des échantillons et celle des organes prélevés. De plus, ils ont été prélevés sur un grand nombre d'années ce qui constitue une source supplémentaire d'hétérogénéité.

Des divergences dans le protocole de récolte et de conditionnement des échantillons peuvent également interférer. Le manque de reproductibilité des méthodes de référence à travers les années peut également influencer les performances des équations.

La constitution de groupes ou de sous-groupes en fonction de la nature des échantillons, de leur composition ou sur base d'une classification spectrale ne suffisent pas à améliorer les niveaux de précision. Il est nécessaire, pour cela, de travailler au niveau d'une espèce végétale (cas de *Faidherbia albida*) ou d'utiliser des techniques particulières de calibration (Local Weighted Regression) particulièrement adaptées à de grosses bases de données présentant une grande variabilité botanique et, de ce fait, spectrale.

Il n'en reste pas moins, que compte tenu, de la plage de variation enregistrée pour ce type de fourrage, la SPIR est une bonne méthode de prédiction des constituants organiques et des digestibilités *in vitro* ; cette méthode peut donc contribuer à la connaissance de la valeur nutritive des réserves fourragères ligneuses en vue d'une meilleure gestion de celles-ci.

La digestibilité de la matière organique par le gastest peut être prédite directement à partir des données spectrales ($SEC = 3.79$, $R^2_c = 0.91$, $SD/SEC = 3.3$).

Une autre approche consiste à prédire SMS, EB, MAS, TANPT et à estimer la dMO_{gt} par régression multilinéaire (tableau VIII.22).

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERTRAND D., LILA M., FURTOSS V., ROBERT P., DOWNEY G. (1987) - Application of principal component analysis to the prediction of lucerne forage protein content and in vivo dry matter digestibility by NIR spectroscopy. *Journal of the Science of food and agriculture*, 41, 299-307.
- BISTON R., DARDENNE P. (1984) - Prediction of forage digestibility with near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Proceedings CEC meeting*, Brussels 4-5 sept.
- BISTON R., DARDENNE P. (1985) - Application de la spectrométrie de réflexion dans le proche infrarouge. Prévion de la qualité des fourrages en vue de leur exploitation rationnelle. *Bulletin Recherche Agronomique*, Gembloux 20 (1/2), 23-41.
- BISTON R., DARDENNE P. (1990) - Contribution de la Spectrométrie dans l'infrarouge proche pour l'analyse de la qualité des productions agricoles. *Analisis*, 18 (10), 27-30.
- DARDENNE P., BISTON R. (1986) - Attempt to recognize wheat species by discriminant analysis. *International NIR/NIT Spectroscopy Conference*, Budapest-Hungary, 12-16 May.
- DARDENNE P. (1990) - Contribution à l'utilisation de la spectrométrie dans le proche infrarouge pour l'étude de critères de qualité des céréales et des fourrages. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques B-5030 Gembloux - Belgium.
- DARDENNE P., SINNAEVE G., BISTON R., LECOMTE P. (1991) - Evaluation of NIT for predicting fresh forage quality. *4th International NIR/NIT Spectroscopy Conference* Aberdeen-Scotland.
- DARDENNE P., BISTON R., SINNAEVE G. (1992) - Calibration transferability across NIR instruments. *5th International NIR/NIT Spectroscopy conference*, Haugesund-Norway, 16-20 June.
- HELLEMANS P., DARDENNE P., RINES A., DIENG A., LOBET P., HAINEAUX E., BISTON R., COMPERE R. (1990) - Prédiction de la composition chimique des fourrages tropicaux par la spectrométrie de réflexion dans le proche infrarouge. *Bulletin Recherche Agronomique*, Gembloux, 25 (4), 473-488.
- MEURET M., DARDENNE P., BISTON R., POTY O. (1993) - The use of NIR in predicting nutritive value of MediterRanean tree and shrub foliage. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1, 45-54.

SHENK J.S., WESTERHAUS M.O., ISI-NIRS-2 (1991) - Software for Near-Infrared Instruments. Infracore International, User Manual.

SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. (1991) - Crop Science 31 : 1548.

SINNAEVE G., DARDENNE P., BISTON R. (1993) - Prediction of antinutritional factors in pea by Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). 2nd ANF's workshop, Wageningen - The Netherlands, 1-3 December.

WILLIAMS P., NORRIS K. (1987) - Near Infrared technology in the agricultural and food industries. American Association of cereal chemists, inc., 330 p.

ANNEXE

SPECTROMETRIE DE REFLEXION DANS LE PROCHE INFRAROUGE

RESUME PAR H. GUERIN ET P. LEFEVRE

La méthode consiste à analyser le spectre de radiation diffuse d'une source de lumière monochromatique de longueur d'onde comprise entre 1 100 et 2 500 nm réfléchi par les particules du fourrage.

Les données spectrales de fourrages de composition connue (cf. chapitres V à VII) servent à la mise au point de modèles de calibration² par le calcul des régressions multiples.

Les modèles de calibration sont en général établis à partir d'une centaine d'échantillons, 2/3 servant à bâtir le modèle, le 1/3 restant à le valider. Ces groupes sont alors permutés deux fois (cross-validation). Les écarts entre les données analytiques et les valeurs prédites sont exprimés en terme d'écart-type ou erreur standard³.

La précision des modèles est déterminée par les coefficients de détermination, de calibration et de validation ainsi que par les erreurs standard qui intègrent aussi les erreurs de laboratoire.

Dans un premier temps, l'ensemble des données spectrales analytiques est utilisé pour la construction des modèles puis le fichier est épuré sur deux critères :

- élimination des échantillons spectralement éloignés du centre de gravité de la population. Ils sont identifiés par analyse en composantes principales et calcul de la distance généralisée de Mahalanobis (Williams et Norris, 1987). Cette distance est, pour un spectre donné, sa distance en unité d'absorbance par rapport à la moyenne de tous les spectres pour une ou plusieurs longueurs d'onde données. Ces distances mesurées en terme de "H" doivent autant que possible rester inférieures à 3 (Station de Haute Belgique, 1991) ;
- élimination des échantillons dont l'écart entre les valeurs analytiques et les valeurs prédites est supérieur à deux fois l'erreur standard de validation (SEV).

² A l'aide du logiciel Infracsoft (Shenk, 1989).

³ - SEC = erreur standard de calibration (précision théorique du modèle).
- SECV = erreur standard de cross validation (précision du modèle en cross validation).
- SEP = erreur standard de prédiction (sur un set d'échantillons totalement indépendants).

Il est aussi possible, en particulier dans le cas d'une population botaniquement très hétérogène, comme celle des fourrages ligneux étudiée dans le cadre du projet ST2/215, de procéder à une classification des échantillons suivant leurs spectres ou sur la base des données des laboratoires par analyse discriminante. Dans les deux cas, les procédures de calibration sont appliquées à chacune des classes considérées individuellement.

La constitution des classes peut aussi reposer sur la description botanique des échantillons.

Pour un groupe botanique donné, il est habituellement nécessaire de disposer d'une centaine d'échantillons représentatifs des variations de composition de la population pour obtenir des calibrations assez précises.

Le fichier du projet ST2/215 malgré le nombre d'échantillons proche de 1 500 n'a pas permis de constituer des groupes spectralement homogènes et permettant des calibrations plus précises qu'avec l'ensemble des données. Pour chaque critère analytique on dispose donc d'un modèle unique de prévision spectrale appliqué à l'ensemble des espèces (tableaux VIII.9, 12 et 15).

Enfin, dans le cas particulier du fichier de fourrages ligneux du projet ST2/215 compte tenu des difficultés à obtenir des modèles de prédiction suffisamment précis avec l'ensemble du fichier, même divisé en classes, une procédure de calibration locale (Local Weight Regression) a été appliquée. Cette procédure consiste à rechercher pour chaque échantillon dont on veut prédire les caractéristiques, un sous-ensemble d'échantillons du fichier de calibration dont les caractéristiques spectrales sont les plus proches. Cette procédure a globalement permis une amélioration de la prévision des prédictions (tableau VIII.26).

Dans la pratique de l'utilisation des résultats de calibration et de prédiction, il est possible pour un groupe botanique donné de corriger les prévisions spectrales par des équations de régression entre les données spectrales et les données mesurées au laboratoire (tableau VIII.27 relatif à *Faidherbia albida*, par exemple).

Ces équations sont plus ou moins précises suivant les espèces végétales et les critères analytiques.

L'examen des paramètres statistiques attachés à ces régressions permet de juger de l'intérêt, pour une espèce particulière, des données spectrales ou au contraire de la nécessité de procéder à l'analyse au laboratoire :

- un coefficient de détermination très hautement significatif, une pente proche de 1, une ordonnée à l'origine proche de 0 indiquent que les prédictions de CB par le modèle général peuvent être utilisées sans erreur importante ;

- la dMO_{GT} des gousses peut être prédite (avec précision : $etr = 1.5$ points) à partir de la prédiction SPIR (modèle général : $etr = 4$ points) moyennant une correction ;

$$dMO_{GT} \text{ lab} = 0.80 \text{ } dMO_{GT} \text{ SPIR} + 11.3$$

ce n'est pas le cas pour la dMO_{GT} des feuilles, dont la prédiction n'est pas améliorée par l'équation de correction : la précision reste médiocre (ETR

Tableau VIII.27 : Composition chimique et dégradabilité enzymatique ou *in vitro* (gas test) des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* échantillonnées dans le cadre du projet ST2/215 et analysées en spectrométrie infrarouge : relations entre les valeurs mesurées au laboratoire et celles prédites en fonction de modèles de calibration établis pour l'ensemble des espèces ligneuses du projet.

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	FEUILLES									GOUSSES								
	Echantillons étudiés en NIR Résultats laboratoire					Prédiction NIR Xlab = a XNIR + b				Echantillons étudiés en NIR Résultats laboratoire					Prédiction NIR Xlab = a XNIR + b			
	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N	a	b	ETR	R2	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N	a	b	ETR	R2
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE																		
<u>Matière Organique</u>	89	2	85	92	38	0,69	28,0	0,9	0,72	96	1	94	96	30	0,29	68,5	0,4	0,26
<u>Constituants pariétaux :</u>																		
.Cellulose Brute	21	3	16	24	8	1,1		2,1	0,99	28	2	25	32	10	1,02		1,5	0,99
.Neutral Detergent Fiber	39	4	31	49	28	0,69	13,2	2,0	0,75	43	3	37	48	10	0,44	24,2	2,4	0,47
.Acid Detergent Fiber	29	4	20	39	38	0,64	12,0	2,5	0,58	34	4	26	42	29	0,42	18,3	2,5	0,57
.Acid Detergent Lignin	14	2	9	22	38	0,57	8,1	1,4	0,65	9	2	6	12	29	0,37	5,4	1,2	0,45
.ADL/ADF %	49	3	40	55	38					26	3	21	32	29				
<u>Matières Azotées :</u>																		
.Totales	13	2	10	17	38	1,11	-2,0	0,5	0,92	10	2	6	15	30	1,17	-2,1	1,0	0,68
.Dégradables par la Pronase	3	1	2	4	38	-	-	-	NS	7	2	2	10	28	1,08	0,6	1,4	0,42
.Dégradables par la Pronase *	25	4	14	32	38	-	-	-	NS	62	13	41	99	28	1,21		11,5	0,97
.Liées à l'ADF	2,7	0,8	1,6	5,2	38	0,58	8,9	0,7	0,32	1,1	0,3	0,7	1,7	29	-	-	-	NS
.Liées à l'ADF *	22	5	10	34	38	0,67	8,3	3,6	0,51	11	3	6	19	29	-	-	-	NS
<u>Tannin précipitant la</u> <u>seroalbumine bovine</u>	3,1	1,0	1,6	4,5	8	0,12		0,6	0,97	0,7	0,4	0,2	1,3	10	-	-	-	NS
<u>Matière Grasse</u>	6	1,5	4	10	38	1,08	1,2	0,8	0,67	1,2	0,3	0,7	2,5	30	-	-	-	NS
<u>Dégradabilité de</u> <u>la Matière Organique</u>																		
.par la Pepsine Cellulase - SMO **	52	6	34	60	22	0,58	19,6	2,5	0,81	63	6	51	76	16	0,51	33,5	4,2	0,49
.production de gaz	23	6	15	31	8	0,75	6,7	4,0	0,65	39	5	29	48	9	0,56	16,1	1,7	0,90
.estimé <i>in vitro</i> par le gastest - dMOgt **	49	5	42	55	8	-	-	-	NS	57	4	49	66	9	0,80	11,3	1,5	0,90

de 4 à 5 points). En revanche, la prédiction de la SMO des feuilles de *Faidherbia albida* bénéficie de l'application d'une équation de correction : l'ETR passe de 6 à 2.5 points ;

- certains paramètres ne peuvent être prédits dans le cas de *Faidherbia* (coefficients de détermination non significatifs) : en particulier, teneur en tannins précipitants des gousses, dégradabilité enzymatique de l'azote des feuilles, fraction de l'azote des gousses liée aux parois, etc.. Dans ce cas, le recours à l'analyse est indispensable.

L'analyse spectrale, sur la base de la distance généralisée de Mahalanobis et de l'étude des résidus issus de la calibration, permet aussi d'identifier des valeurs d'analyses aberrantes (erreurs de transcriptions ou de résultats ou d'analyses) ou des échantillons atypiques mal identifiés sur le plan botanique. Des corrections ont ainsi pu être faites dans le fichier du projet ST2/215.

CHAPITRE IX

DEGRADABILITE *IN SITU* DE LA MATIERE SECHE ET DES MATIERES AZOTEES DE QUELQUES FOURRAGES LIGNEUX : APPLICATION DES METHODES *IN SACCO* A L'ETUDE DE LA DIGESTION DANS LE RUMEN ET DANS LES INTESTINS

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

France Brigitte MICHALET-DOREAU¹ et Claude PONCET¹ avec la collaboration
 de Roger BERGEAULT

Sénégal Safietou TOURE FALL² avec la collaboration de Bassirou DIAW

¹ SRNH-CRZV de Theix - INRA - 63122 Ceyrat

² LNERV/ISRA - BP 2057 - Dakar

CCE.DGXII - ST2 - 1994 Dégradabilité *in situ* de la matière sèche et des
matières azotées de quelques fourrages ligneux : application des méthodes
in sacco à l'étude de la digestion dans le rumen et dans les intestins -
Chapitre IX In: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux
consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission
des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons
Alfort, CIRAD-EMVT.

SOMMAIRE

	Page
1. INTRODUCTION : ETAT INITIAL DES CONNAISSANCES ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE	1
2. OBJECTIFS ET REALISATION DE L'ETUDE	2
2.1. Dégradabilité dans le rumen	2
2.2. Dégradabilité dans l'intestin	3
3. MATERIEL ET METHODES	4
Encadré 1 - Mesures de dégradabilité <i>in situ</i> - <i>in sacco</i> de la matière organique et des matières azotées dans le rumen : méthode appliquée au CRZV de Theix et à l'ISRA (d'après Safietou TOURE FALL, 1993)	4
Encadré 2 - Mesures de dégradabilité <i>in situ</i> - <i>in sacco</i> des matières azotées dans l'intestin = méthode appliquée au CRZV de Theix (d'après Safietou TOURE FALL, 1993)	9
4. RESULTATS	12
4.1. Description des teneurs en constituants pariétaux fractionnés par la méthode de Van Soest et Wine (1963)..	12
4.2. Répartition de l'azote dans les structures cellulaires .	12
4.3. Dégradabilité <i>in sacco</i> de la matière sèche	12
4.4. Dégradabilité <i>in sacco</i> des matières azotées dans le rumen	15
4.5. Dégradabilité de l'azote des ligneux fourragers dans les intestins	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33

1. INTRODUCTION : ETAT INITIAL DES CONNAISSANCES ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE (Brigitte Michalet-Doreau, 1988)

Les fourrages ligneux se caractérisent par une teneur en MAT élevée et très variable, comprise entre 60 et 230 g/kg MS. La digestibilité de cet azote dans l'ensemble du tube digestif est également très variable, de 14 à 82 p.100, à cause de la variabilité de la teneur en MAT de ces aliments et probablement aussi de la variabilité de la dégradabilité dans le rumen et de la digestibilité dans l'intestin grêle de l'azote de ces fourrages qui sont riches en lignine et parfois en tanins (Wilson, 1977). Mais on connaît encore insuffisamment la digestion de l'N de ces aliments dans les différents compartiments du tube digestif pour comprendre ces variations. Or la plupart des systèmes d'évaluation de la valeur azotée des aliments utilisés actuellement proposent une démarche analytique, à savoir l'estimation de :

- la dégradabilité des protéines alimentaires dans le rumen ;
- la synthèse des protéines microbiennes dans le rumen ;
- la digestibilité des protéines alimentaires dans l'intestin grêle.

La proportion d'N alimentaire dégradée dans le rumen est classiquement estimée à partir de la mesure de la vitesse de dégradation de l'N des aliments par la méthode des sachets de nylon placés dans le rumen (Mehrez et Orskov, 1977 ; de Boever *et al.*, 1984 ; Madsen et Hvelplund, 1985). Mais la méthodologie mise en oeuvre pour l'étude des fourrages pose un certain nombre de problèmes spécifiques, en particulier :

- le mode de conditionnement du fourrage vert (séchage, lyophilisation) qui peut entraîner des modifications physico-chimiques des constituants azotés ;
- la contamination microbienne des résidus de sachets par de l'N bactérien qui conduit à une sous-estimation de la dégradabilité de l'N dans le rumen (Mathers et Aitchison, 1981 ; Chapman et Norton, 1984 ; Varvikko et Lindberg, 1985 ; Nocek, 1988).

Des travaux ont déjà été réalisés au laboratoire des aliments (INRA, Theix) de manière à définir une méthodologie adaptée aux fourrages, à savoir, séchage des échantillons de fourrage vert à 60°C, et utilisation du "stomacher" pour réduire la contamination microbienne des résidus *in sacco* (Ould Bah *et al.*, 1988).

Quant à la digestibilité réelle des protéines alimentaires des fourrages dans l'intestin grêle, elle est encore moins bien connue que la dégradabilité de l'N dans le rumen. On peut également supposer qu'elle est très variable pour les fourrages ligneux, car elle est fortement corrélée à la teneur en MAND.

Différentes méthodes d'estimation de la digestibilité dans l'intestin grêle sont actuellement disponibles, la technique des sachets de nylon introduits dans le duodénum et récupérés dans les fèces (Rae et Smithard, 1985) ou dans l'iléon (Poncet *et al.*, 1988) constituent une approche intéressante. Mais la digestibilité intestinale peut aussi être estimée *in vitro*, à partir du résidu de l'attaque à la pepsine de l'aliment lui-même ou du résidu d'incubation de cet aliment dans le rumen.

Pour essayer d'expliquer les variations tant au niveau de la dégradabilité de l'N dans le rumen que de la digestibilité des protéines alimentaires dans l'intestin grêle, quelques hypothèses ont été formulées, à savoir :

- les caractéristiques biochimiques des protéines : nature et structure des protéines fourragères, présence de tanins (Mc Leod, 1974 ; Marshall *et al.*, 1979) ;

- surtout la localisation des protéines dans le tissu végétal. On distingue deux groupes de protéines qui présentent des différences marquées de propriétés : les protéines du cytoplasme (ou protéines hydrosolubles) et les protéines des membranes (ou protéines non hydrosolubles). Mais, quelle que soit leur localisation, ces protéines ne peuvent passer en solution qu'après rupture de la membrane de la cellule ou hydrolyse des glucides pariétaux (Demarquilly *et al.*, 1981). La proportion de protéines libérée dépend donc de l'accessibilité du tissu chlorophyllien aux microorganismes du rumen. La détermination du pourcentage d'azote des fractions NDF et ADF (Goering *et al.*, 1972 ; Van Soest et Sniffen, 1984 ; Krishnamoorthy *et al.*, 1982) constitue une première approche des mécanismes de dégradation mis en jeu dans le rumen et dans l'intestin grêle. Mais l'aptitude des protéines à être dégradée par les micro-organismes du rumen peut également être étudiée directement par l'observation au microscope électronique des résidus obtenus *in sacco* (Galland *et al.*, 1981).

Les ligneux constituent, pour l'étude des mécanismes de dégradation, un matériel très intéressant dans la mesure où ils permettent probablement de couvrir, avec un même type d'aliment (fourrage vert en l'occurrence), une plage de variation très large tant au niveau de la dégradabilité de l'N dans le rumen qu'au niveau de la digestibilité intestinale.

2. OBJECTIFS ET REALISATION DE L'ETUDE

2.1. Dégradabilité dans le rumen

La dégradabilité dans le rumen de la matière organique et des matières azotées est le principal paramètre de variation de la valeur nutritive des fourrages.

La digestibilité *in vivo* de la matière organique peut être prédite par des méthodes chimiques, enzymatiques (chapitre V) ou *in vitro* (chapitre VII) plus rapides et plus répétitives que la méthode *in sacco*. Toutefois, cette dernière permet de classer les aliments suivant leur digestibilité dans le rumen lorsque l'on fait varier les conditions physico-chimiques de celui-ci.

La méthode *in sacco*, compte tenu des faibles quantités d'échantillons mises en jeu, permet aussi d'approcher la digestibilité potentielle des aliments dans le rumen en l'absence d'interactions ou d'effets négatifs de facteurs antinutritionnels qui sont alors très dilués (tanins dans le cas des ligneux) : il faut alors surtout se référer aux résultats obtenus après de longs temps de séjour dans le rumen (jusqu'à 96 heures : partie asymptotique des courbes de dégradation).

En revanche, la mesure de la dégradabilité des matières azotées fournit le résultat de référence, la dégradabilité théorique DT, indispensable à la détermination de la valeur azotée des aliments selon les nouveaux systèmes d'alimentation (INRA, 1988 ; NRC, 1985). C'est, dans ce cas, par comparaison aux mesures *in sacco* que les données *in vitro*, enzymatiques et chimiques sont calibrées. Malgré la standardisation de la méthode *in sacco* la reproductibilité des résultats est moins bonne que pour les méthodes *in vitro* ou enzymatiques.

Quelques-unes des conditions de base à réunir pour l'obtention de résultats fiables sont rappelées ci-dessous :

- décontamination des résidus *in sacco* des matières azotées microbiennes qui ont adhéré aux particules alimentaires pendant le séjour dans le rumen. L'effet (biais) de cette contamination sur la mesure de la dégradabilité est faible, voire négligeable, pour les fourrages riches en azote, en revanche il est important dans le cas des fourrages pauvres en azote (Ould Bah *et al.* 1988) ;
- entretien d'animaux fistulés sains recevant des régimes constants, de caractéristiques identiques entre les laboratoires (taux de concentré, digestibilité du fourrage, teneur en azote) avec une teneur en azote fermentescible non limitante pour l'activité microbienne ;
- broyage des échantillons et fabrication des sachets standardisés ;

Pendant le projet, ces conditions n'étaient réunies qu'à la SNRH de l'INRA de Theix et à l'ISRA de Dakar, ce qui explique que la méthodologie *in sacco* n'ait été mise en oeuvre que par ces deux centres. Et cela, malgré son intérêt pour l'étude des ligneux. En effet, la bibliographie met en évidence une forte variabilité de la dégradabilité des fourrages ligneux dans le rumen.

2.2. Digestion dans l'intestin

Les données bibliographiques montrent que malgré des teneurs en matières azotées élevées, les rations à base de fourrages ligneux ne permettent souvent qu'une faible rétention azotée et, en tout cas, variable d'une espèce à l'autre.

Cela est prévisible au vu des mesures de dégradabilité enzymatiques ou *in sacco* et est confirmé par les résultats relatifs à la digestibilité apparente de l'azote (bilans *in vivo*).

Il était donc souhaitable de s'interroger, aussi, sur le devenir des matières azotées non fermentées dans la panse au niveau des compartiments inférieurs du tube digestif : intestin grêle et gros intestin.

Une méthode *in sacco*, fut donc appliquée au CRZV de Theix dans le cadre du travail de thèse de Safiétou Touré Fall (ISRA). Elle avait pour objectif de mesurer :

- la digestion enzymatique dans l'intestin grêle des matières azotées alimentaires non fermentées dans le rumen ;

- l'enrichissement en matières azotées microbiennes, au niveau du gros intestin, des résidus issus de l'intestin grêle dans le but de fournir un modèle de correction de la teneur en azote des résidus en sachets à la sortie du gros intestin.

En effet, pour éviter la contamination microbienne, source d'erreur, il est nécessaire pour étudier la digestion dans l'intestin de l'azote d'origine alimentaire d'utiliser des animaux porteurs de deux canules, à l'entrée et à la sortie de l'intestin grêle. Un système de correction fiable, s'il était mis au point, permettrait d'introduire des sachets au niveau du duodénum et de les récupérer dans les fèces.

Les espèces dont on a mesuré la digestion de l'azote dans l'intestin ont bien sûr été aussi étudiées dans le rumen.

Ainsi les fractions azotées digérées dans chaque compartiment du tube digestif devaient être déterminées.

3. MATERIEL ET METHODES

Le texte ci-dessous (encadrés 1 et 2) résume les techniques utilisées telles qu'elles sont présentées dans la thèse de Safietou Touré Fall (1993) préparée au CRZV de Theix et à l'ISRA.

ENCADRE 1 - Mesures de dégradabilité *in situ*, *in sacco* de la matière organique et des matières azotées : méthode appliquée au CRZV de Theix et à l'ISRA (d'après Safietou Touré Fall, 1993).

Animaux et aliments

Les mesures *in sacco* ont été réalisées soit à Dakar avec trois zébus mâles de race Gobra munis d'une canule du rumen (essai 1), soit à Theix avec trois vaches Jersiaises (essai 2). Les animaux étaient nourris avec des régimes à base de paille de riz (essai 1) ou de foin de graminée (essai 2) ; les taux de concentré étaient respectivement de 15 et 30 p.100 MS à Dakar et à Theix.

Neuf espèces ligneuses ont été étudiées : *Faidherbia albida* (2), *Acacia raddiana* (1-2), *Adansonia digitata* (1), *Azadirachta indica* (1), *Balanites aegyptiaca* (1-2), *Bauhinia rufescens* (1-2), *Boscia senegalensis* (1), *Guiera senegalensis* (1-2), *Calatropis procera* (1)¹. Les espèces ligneuses ont été comparées à des graminées et légumineuses herbacées de zone tempérée : *Dactylis glomerata* (deux stades), *Lolium perenne*, *Medicago sativa* (trois stades).

Trois grammes d'échantillon broyé et tamisé au travers d'une grille de 1 mm ont été introduits dans des sachets décrits à la figure IX.1. Les sachets, fixés à un anneau de fer plastifié et servant de lest (fig. IX.2), étaient tous introduits au même moment dans le rumen, le matin juste avant le premier repas et retirés au bout de 2, 4, 8, 24, 48, 72, 96 heures. Ces temps correspondent à 7 points de cinétique par aliment à Dakar. A Theix, 10 points de cinétique répartis entre 1 et 96 heures ont été mesurés. Les sachets ont ensuite été lavés à l'eau froide

¹ (1) : essai ; (2) : essai 2 ; (1-2) essais 1 et 2.

puis battus au stomacher (Michalet-Doreau et Ould-Bah, 1989) pour diminuer la contamination microbienne. En effet, la proportion de matière sèche d'origine bactérienne restant dans le sachet après lavage peut être importante et entraîner une sous-estimation de la dégradabilité particulièrement pour l'azote, étant donnée la forte teneur en azote des bactéries (Bernard et al., 1989). Le traitement au stomacher est donc surtout important pour l'étude de la dégradabilité de l'azote des fourrages pauvres (Ould Bah et al., 1989) (fig. IX.3).

Après traitement au stomacher les sachets ont été lavés à nouveau sous un courant d'eau froide avant d'être séchés à l'étuve à 80°C pendant 48 h. Chaque cinétique était réalisée en double sur trois animaux soit six répétitions par échantillon et par temps d'incubation.

Les analyses chimiques effectuées sur les aliments et les résidus selon les méthodes mentionnées ci-dessus au chapitre V ont porté sur l'azote total, l'azote des parois totales (Nndf) et l'azote de la ligno-cellulose (Nadf).

Les dégradations *in sacco* de l'azote total, de l'azote pariétal (Nndf et Nadf), celle de la différence (Nhem = Nndf - Nadf) et celle de l'azote du contenu cellulaire (Nnds) ont été calculées pour les différents temps d'incubation.

Malgré le traitement au stomacher, il demeure dans les résidus des corps bactériens représentant 4 p.100 de la matière sèche des résidus et une proportion plus importante, variable suivant la nature des fourrages, des matières azotées. Cette matière sèche et azotée bactérienne est prise en compte dans le calcul des taux de dégradation (Michalet-Doreau et Ould Bah, 1989) :

$$\text{pourcentage N résiduel corrigé} = \text{pourcentage N résiduel} - \frac{(\text{quantité MS résiduelle} \times m \times 6.67)}{(\text{quantité N initial})}$$

avec :

* m représentant le rapport MS bactérienne/MS résiduelle ; ce coefficient varie de 0.002 à 0.04 en fonction de la durée d'incubation;

* 6.67 correspondant à la teneur moyenne en azote des bactéries adhérentes du rumen (Ould-Bah, 1989).

En revanche, la contamination microbienne persistante après passage au stomacher n'a pas été prise en compte pour calculer le taux de dégradation de la fraction pariétale (Nndf et Nadf) car les teneurs en parois et, donc, en azote des parois des bactéries sont faibles.

Les cinétiques de dégradation ont été ajustées à un modèle de type exponentiel dépendant du temps (t) (figure IX.4 - Orskov et Mc Donald, 1979) :

- sans temps de latence :

$$\text{Deg} = a + b (1 - e^{-ct})$$

- ou avec temps de latence (Dhanoa, 1988) :

$$\text{Deg} = a + b (1 - e^{-c(t-t_0)})$$

ou

a (p.100) = fraction rapidement dégradable ;

b (p.100) = fraction lentement dégradable ;

c (/h) sa vitesse de dégradation ;

t (h) = temps d'incubation et t_0 = temps de latence.

Les paramètres ont été obtenus par une régression non linéaire (méthode Marquard de la procédure NLIN-SAS, 1983).

En tenant compte du turn-over des particules alimentaires dans le rumen (k), la dégradabilité théorique de l'azote (DT p.100) a été calculée par la relation suivante :

$$\text{DT} = a + (bc/c+k)$$

pour les fourrages dont le profil de dégradation ne présente pas de temps de latence.

Pour les fourrages présentant un temps de latence (t_0), DT a été calculée avec la relation :

$$\text{DT} = a + (bc/c+k.e^{-kt_0})$$

Un turn-over k de 0.04/h, correspondant au turn-over de la phase solide chez les races bovines tropicales (Lechner-Doll et al., 1990) a été retenu.

Figure IX.1 - Caractéristiques des sachets

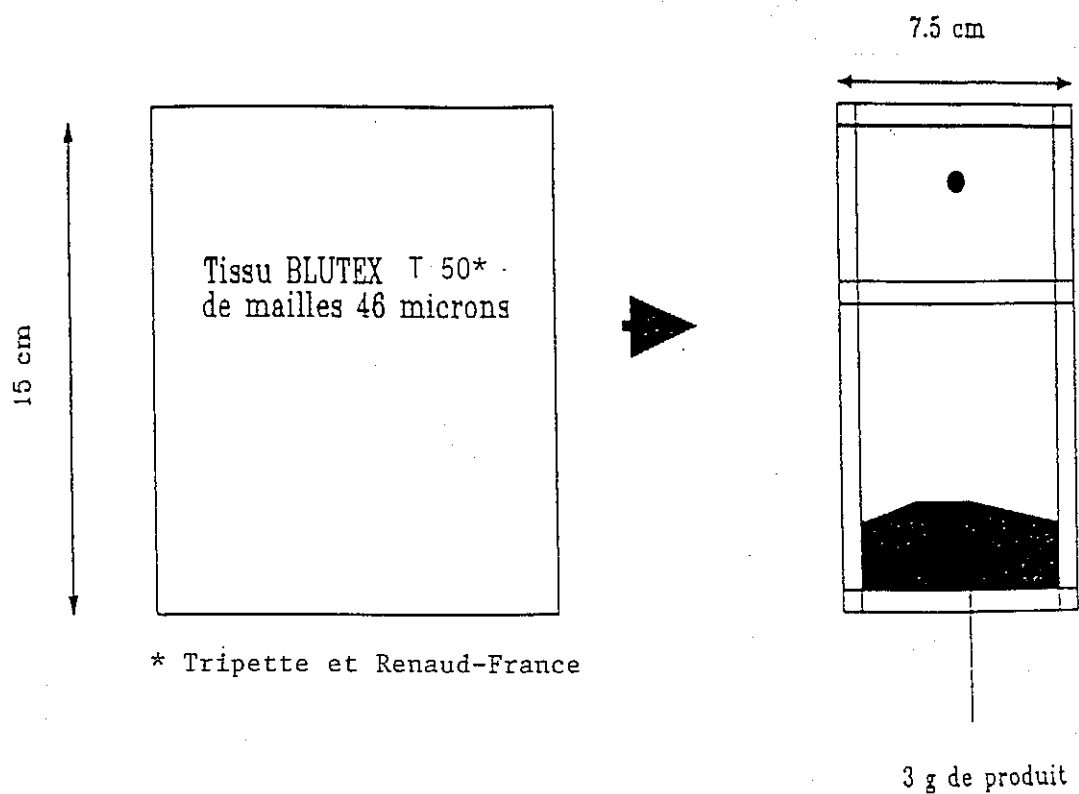


Figure IX.2 - Suspension des sachets dans le rumen

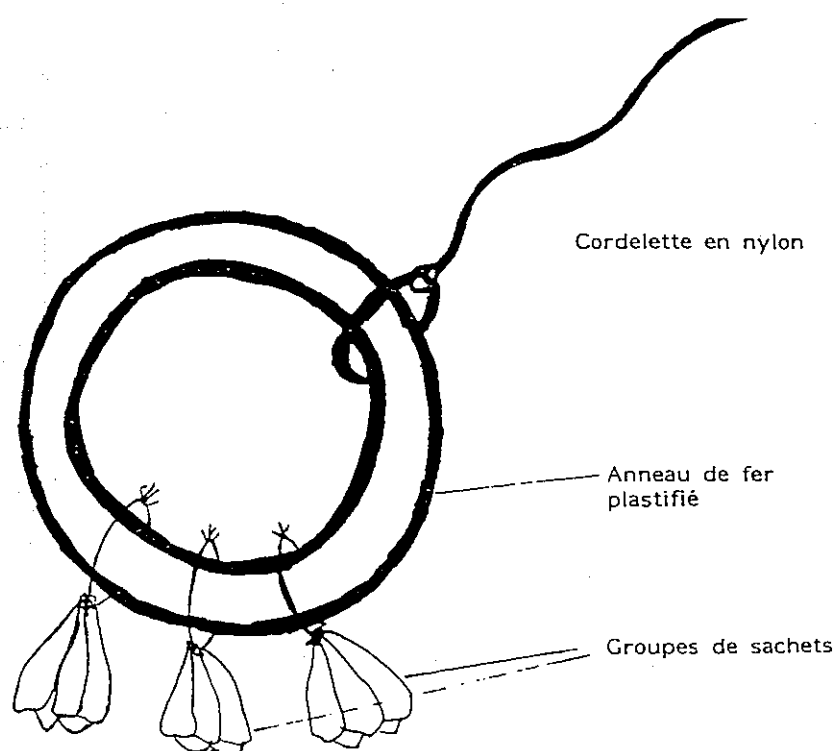
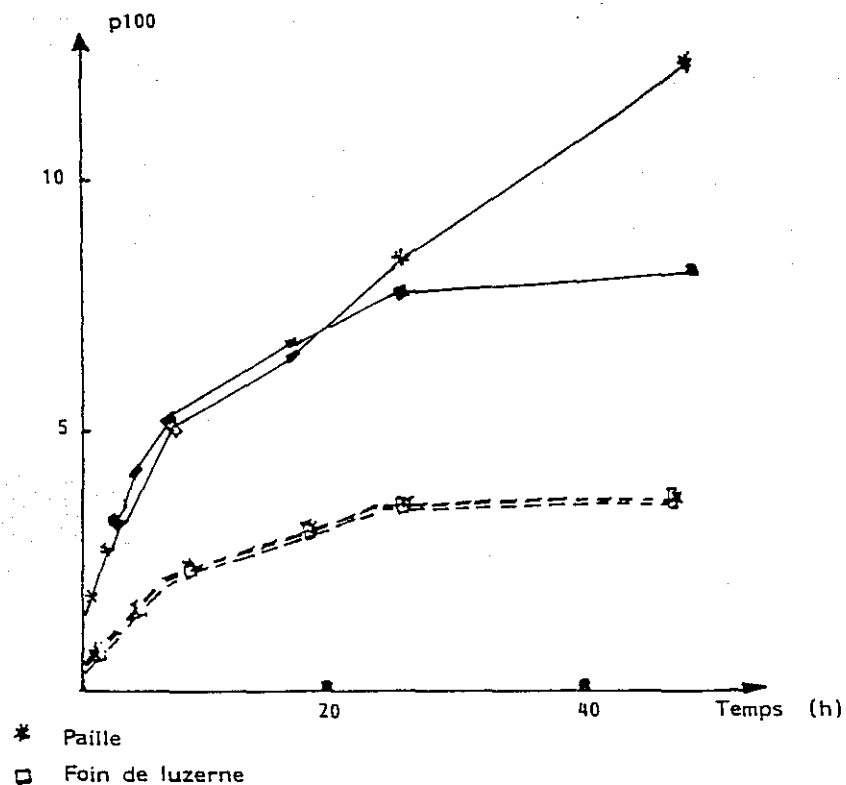


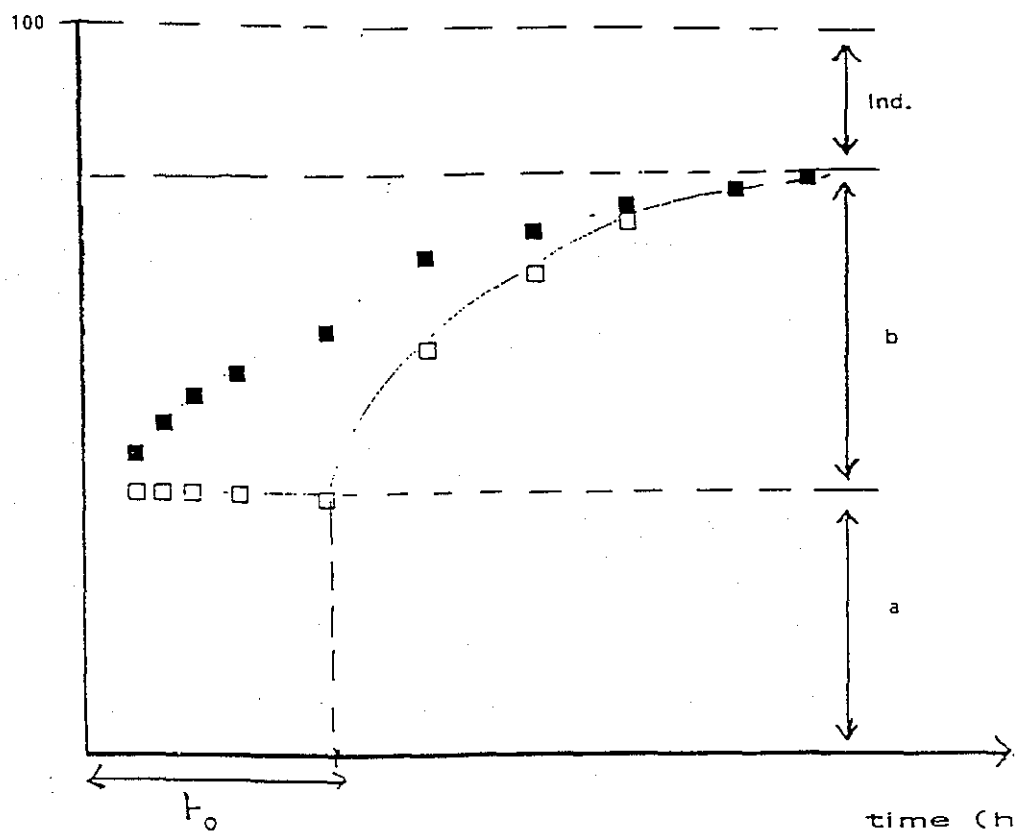
Figure IX.3 - Evolution de la contamination bactérienne des résidus *in sacco* en fonction de la durée d'incubation des sachets dans le rumen, avant et après passage au stomacher

MS bactérienne / MS résiduelle



Source : Michalet-Doreau et Ould-Bah (1989)

Figure IX.4 - Dégradation *in sacco* des aliments en fonction du temps d'incubation



$$D = a + b (1 - e^{-\alpha t})$$

$$D = a + b (1 - e^{-\alpha (t-t_0)})$$

ENCADRE 2 - Mesures de digestion *in sacco* des matières azotées dans les intestins = méthode appliquée au CRZV de Theix (d'après Safietou Touré Fall, 1993).

Animaux et aliments

Les mesures ont été réalisées à la SRNH du CRZV de Theix avec trois vaches fistulées du rumen (encadré 1) et trois moutons mâles castrés de race Texel porteurs d'une canule du duodénum (à 5 cm du pylore) et d'une canule rééminente iléo-iléale. Leur régime alimentaire était identique à celui des vaches de l'essai 2.

Six échantillons, parmi ceux étudiés dans le rumen ont été choisis pour ces mesures : trois espèces ligneuses (feuilles et gousses de *Faidherbia albida* ; feuilles de *Balanites aegyptiaca* ; gousses d'*Acacia raddiana*) et comparés avec deux foin de graminée tempérée (*Dactylis glomerata*) récoltés à des stades différents. Puis un échantillon de foin de luzerne a été comparé aux précédents.

La première étape de la mesure consistait en une dégradation *in sacco* dans le rumen de vaches pendant 14 heures suivant la technique décrite à l'encadré 1 à raison de six sachets (3 vaches x 2 répétitions) par échantillon figure IX.5. A la sortie du rumen les sachets étaient lavés, congelés et lyophilisés à -18°C. Les résidus ainsi obtenus étaient destinés à la mesure de la digestibilité intestinale. En effet, Yang et Poncet (1991) et Yang (1991) ont montré que l'effet de la caillette sur la digestion de l'azote était négligeable et que cette étape pouvait être supprimée lors de mesures *in sacco*.

Les résidus lyophilisés de la digestion dans le rumen ont été introduits dans des sachets de forme hexagonale réalisés avec du tissu nylon blutex T150 à partir d'un rectangle mesurant 5 x 3 cm. Les prises d'essai étaient de 200 mg environ (figure IX.6).

Les micro-sachets ont été introduits dans la canule duodénale à raison d'un sachet toutes les 20 minutes et de 8 sachets par animal (figure IX.5). Ils étaient récupérés au niveau de l'iléon par la canule rééminente. Leur temps de séjour dans l'intestin grêle devait être déterminé en notant l'heure d'introduction et l'heure de sortie : il est en moyenne de 7 heures avec une disparité élevée et aléatoire d'un animal à l'autre. Les sachets ont ensuite été lavés par agitation manuelle pendant deux minutes dans un flacon contenant 500 ml d'une solution de chlorure de sodium 9 p.100 (p/v), puis séchés à l'étuve à 80°C. La disparition de la matière sèche et de l'azote à l'issue de cette mesure correspondait à leur digestion *in sacco* dans l'intestin grêle.

Pour estimer la contamination de l'azote alimentaire par les microorganismes du gros intestin, des sachets (4 par aliment et par animal) ayant subi un passage dans le rumen (14 h) et dans l'intestin grêle étaient introduits à raison d'un sachet toutes les 30 minutes dans le gros intestin par la canule rééminente iléo-iléale et récupérés dans les fèces. Ces sachets étaient ensuite lavés et séchés selon le même procédé que les micro-sachets sortis de l'intestin grêle.

La teneur en N total (microKheldahl) des résidus du rumen, de l'intestin grêle et du gros intestin a été déterminée par les méthodes habituelles (AOAC, 1975 - chapitre V).

Figure IX.5 - Répartition des sachets dans l'essai de digestibilité *in sacco* dans l'intestin

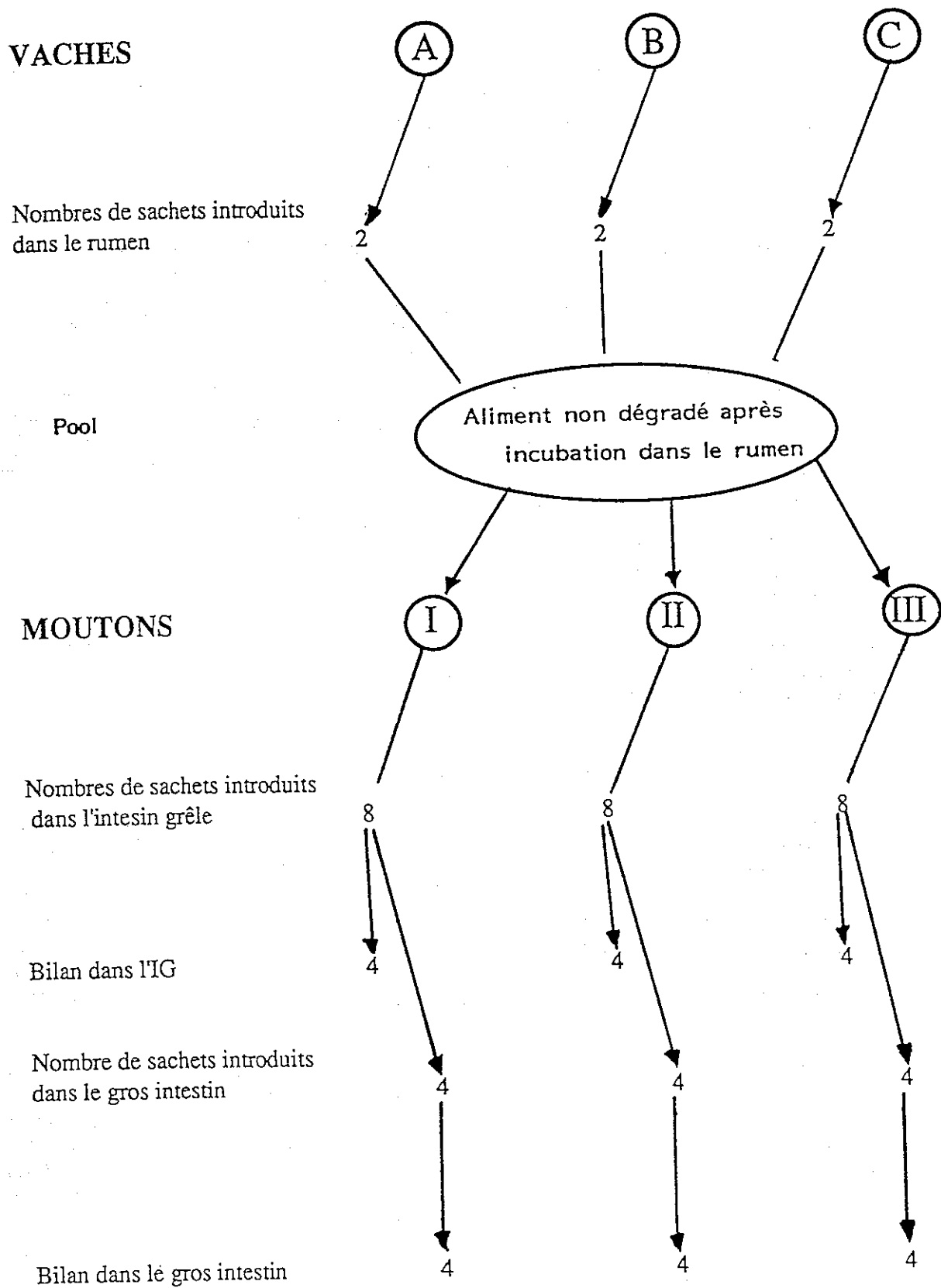
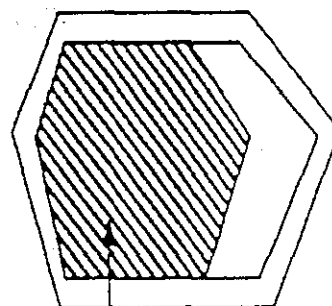
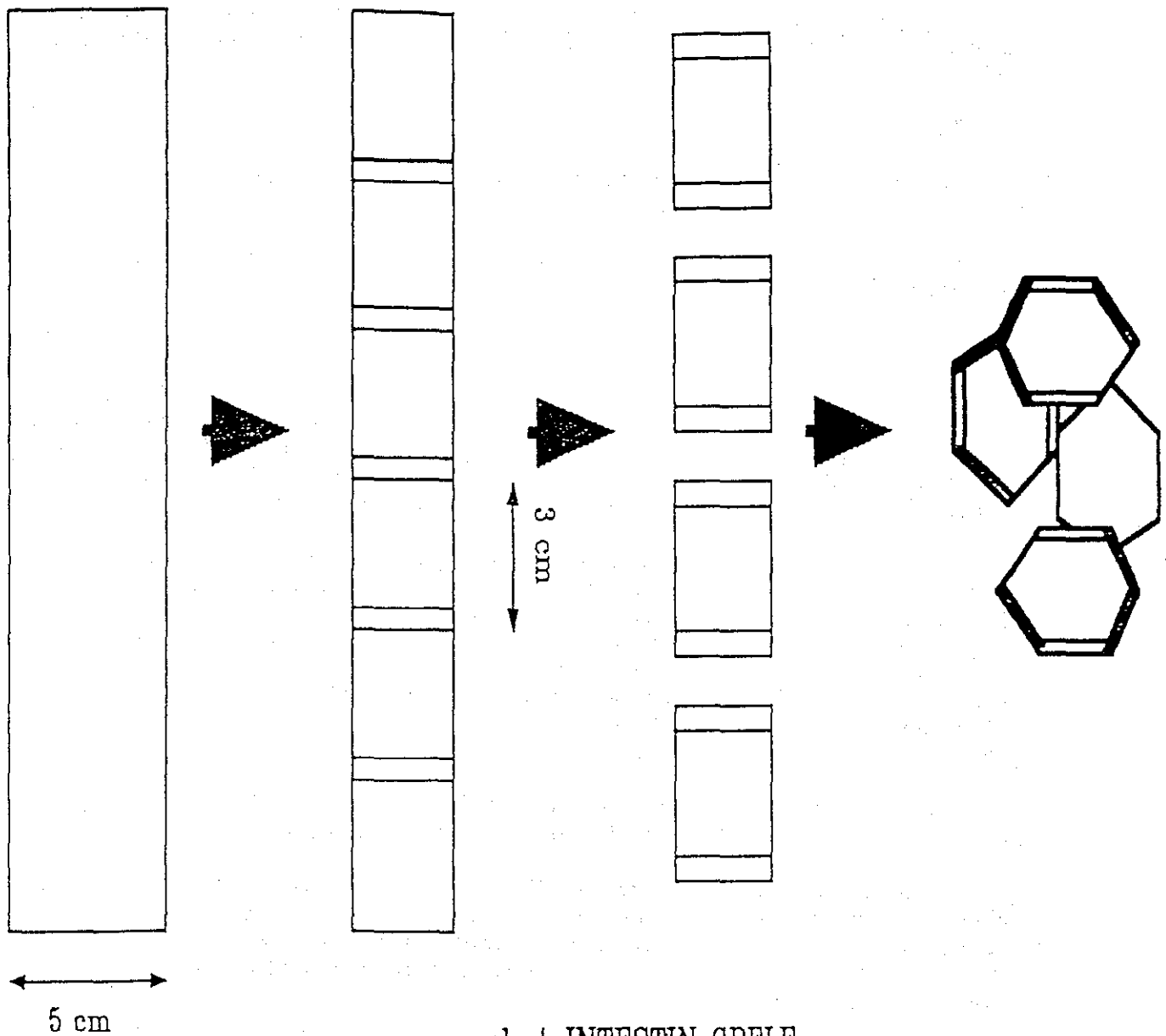


Figure IX.6 - Préparation des micro-sachets dans l'étude de la digestion *in sacco* dans les intestins



0.3 g de produit

4. RESULTATS

Les résultats de ces travaux sont exposés en détail dans le rapport de thèse de Safietou Touré Fall (1993) et ont donné lieu à plusieurs publications (cf. liste des références *in* chapitre I).

Ils comprennent :

4.1. Description des teneurs en constituants pariétaux fractionnés par la méthode de Van Soest et Wine (1967)

Les résultats sont conformes à ceux exposés par Koné (1987) et rappelés au chapitre V.

4.2. Répartition de l'azote dans les structures cellulaires

Ces résultats sont originaux dans le cadre du projet car les autres laboratoires se sont limités à doser l'azote lié à la fraction ADF (Nadf). Ici le dosage de l'azote lié à l'ensemble des parois (Nndf) permet d'identifier deux fractions azotées supplémentaires, utiles à l'interprétation des cinétiques de dégradation *in sacco* dans le rumen.

En comparaison des graminées et légumineuses tempérées, l'azote des ligneux a une distribution beaucoup plus variable (figure IX.7), il peut être pour environ 90 p.100 dans le cytoplasme (N_{NDS}), c'est le cas pour les gousses d'*Acacia raddiana* et de *Faidherbia albida* et pour les feuilles de *Balanites aegyptiaca*, ce pourcentage s'abaissant à 30 p.100 dans les feuilles de *Faidherbia*. Cette fraction correspond à l'azote rapidement dégradé ; elle est de l'ordre de 60 p.100 et moins variable dans les fourrages herbacés tempérés.

Les fractions plus lentement (Nndf-Nadf) et non dégradables (Nadf) sont aussi en proportions très variables dans les fourrages ligneux.

En ce qui concerne la fraction Nadf, les résultats sont conformes à ce qui a été mis en évidence par Kone *et al.* (1989) et les autres membres du projet. Il a par ailleurs été mis en évidence que des proportions élevées de Nadf entraînaient une faible dégradabilité enzymatique ainsi que des digestibilités *in vivo* peu élevées.

4.3. Dégradabilité *in sacco* de la matière sèche

Des comparaisons entre les résultats obtenus à Dakar et à Theix ont été effectuées (Tableau IX.1 - Fall 1993).

Les cinétiques de dégradation ont été mesurées sur 14 espèces et comparées à celles d'un foin de luzerne. Elles sont comme pour Koné (1987) très différentes d'une espèce à l'autre et se situent de part et d'autre de celle du foin (Figure IX.8).

Les dégradabilités théoriques calculées de la matière sèche DTms sont comprises entre 32 et 74 p.100, cette fourchette étant comparable à celle qui est habituellement donnée au vu des estimations de digestibilité par les méthodes enzymatiques (chapitre V), *in vitro* (chapitre VII) ou des mesures *in vivo* (chapitre X).

Figure IX.7 - Partition of nitrogen into neutral-detergent soluble (NDSN), available fiber (AFN) and acid detergent fibre nitrogen (ADFN) in feedstuffs (expressed as a p.100 of total N) (Safietou Fall Touré, 1993)

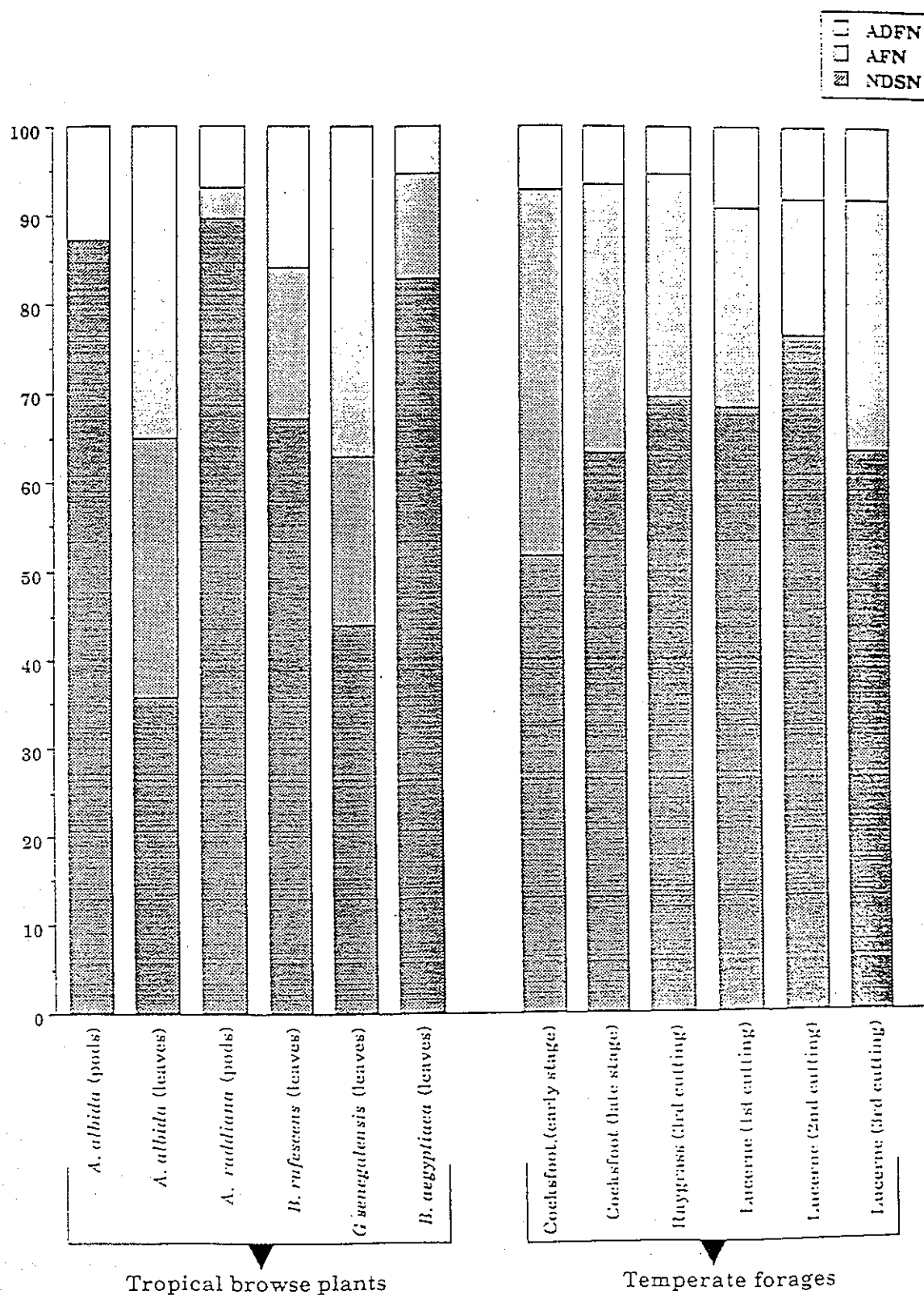


Figure IX.8 - Profil de dégradation de la MS des ligneux. Comparaison avec un foin de luzerne (Safietou Fall Touré, 1993)

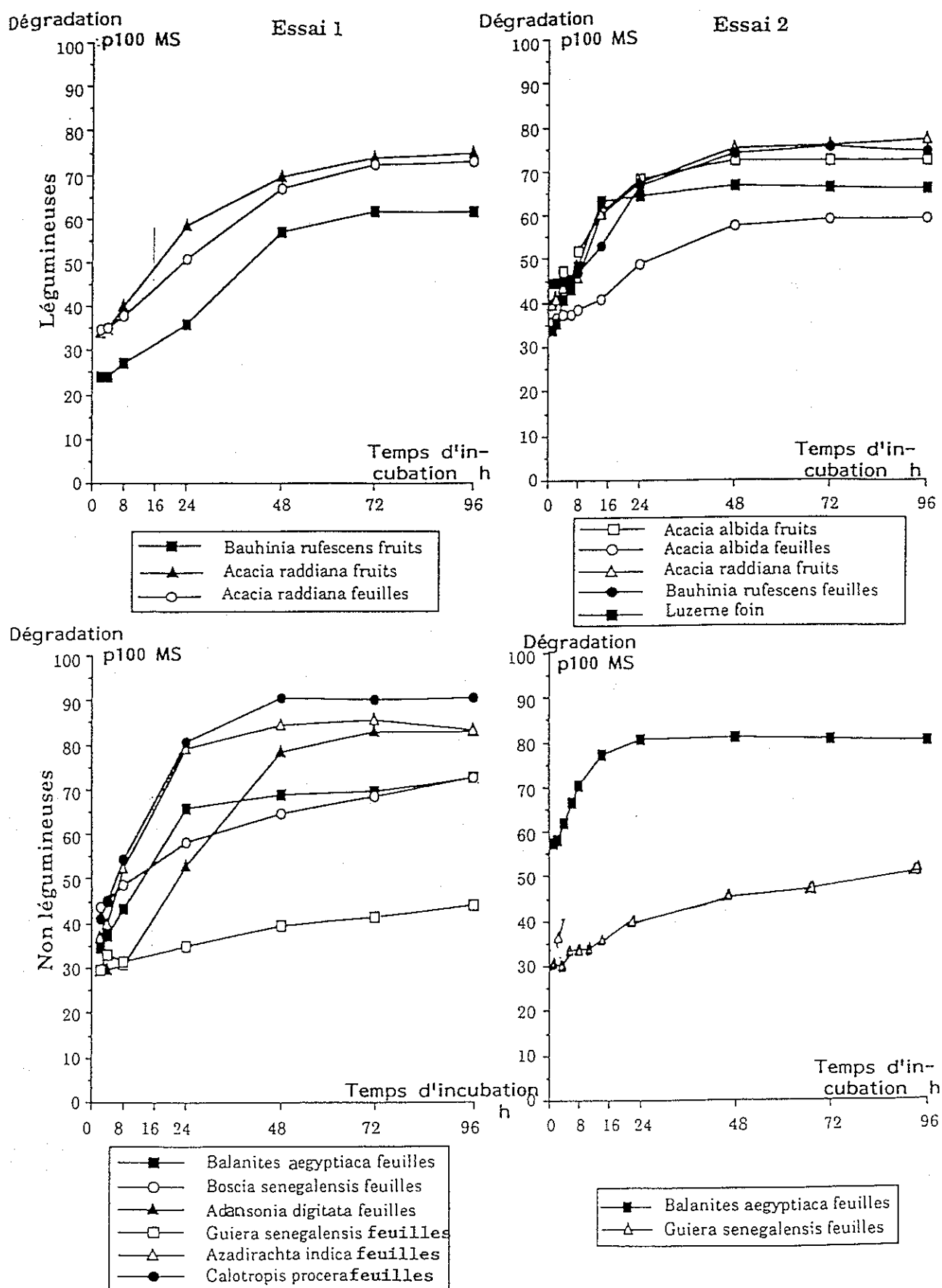


Tableau IX.1 - Reproductibilité de la mesure de la cinétique de dégradation de la matière sèche de deux espèces ligneuses (Fall Touré 1993)

ESPECE	LIEU DE MESURE	a p100	b p100	c h-1	ind p100	to h	Deg p100
G. senegalensis feuilles	THEIX	34.3 ^a	18.1 ^a	0.014 ^a	46.1 ^a	15.9 ^a	37.1 ^a
	DAKAR	32.0 ^a	24.9 ^a	0.002 ^a	43.1 ^a	3.3 ^b	33.4 ^b
A. raddiana fruits	THEIX	35.3 ^a	42.3 ^a	0.059 ^a	22.4 ^a	0.0 ^a	59.5 ^a
	DAKAR	29.9 ^a	49.9 ^a	0.035 ^a	20.1 ^a	0.0 ^a	52.6 ^b
EFFET LIEU DE MESURE		NS	NS	NS	NS	NS	P<0.05

Pour une même espèce les lettres différentes correspondent à des différences significatives.

4.4. Dégradabilité *in sacco* des matières azotées dans le rumen

L'intérêt des mesures *in sacco* réalisées dans cette étude est lié au fractionnement des matières azotées tant dans les fourrages étudiés que dans les résidus. Ainsi la dégradabilité de chaque fraction azotée a pu être calculée.

Les résultats ont été présentés par leurs auteurs à plusieurs congrès et dans une revue. Des extraits de ces publications sont rapportés ci-dessous, tout d'abord sous forme de résumé (Annales de Zootechnie 1993 - 42, 140) puis de façon plus détaillée (Animal Feed Science and Technology, sous presse).

Ruminal N degradation of browse and temperate forages, and partition of N into carbohydrates

B Michalet-Doreau¹, S Touré-Fall²

¹ SRNH, Valeur Alimentaire, INRA Theix, 63122 Ceyrat, France;

² ISRA LNERV, BP 2057 Dakar, Sénégal

The lower N digestibility of browse forages can be explained by the presence of polyphenol compounds (tannins) (Ho Ahn *et al*, 1989) or by the partitioning of herbage N into structural carbohydrates. Van Soest and Sniffen (1984) suggested that partitioning herbage N into neutral and acid-detergent-soluble and -insoluble portions may explain ruminal N degradability. Our objective was to examine the latter hypothesis.

In the rumen the *in situ* N and cell wall N (NDFN, ADFN) degradability was measured of 2 forages harvested in a semi-arid zone of Senegal (*Acacia albida* and *Balanites aegyptiaca* leaves) and 2 temperate forages (cocksfoot and alfalfa hays).

The forages were ground through a 0.8-mm screen, and the browses were previously dried at 60°C. *In situ* degradation measurements (10 incubation periods over 1 and 96 h) were carried out using 3 non-lactating cows receiving 7 kg DM/animal/d of a diet of hay and concentrate (70/30). After incubation, the bags were washed, beaten for 7 min in a stomacher and

washed again to decrease the bacterial contamination of the bag residues. Ruminal degradability of different components was calculated by fixing particle turnover rate at 0.06/h⁻¹.

The N distribution was more homogenous in the temperate forages than in the browses studied. Consequently, the variation in N degradability was larger for the browses (from 26.7 to 82.6) than for the temperate forages (from 62.6 to 75.8%). The lowest N degradability of *Acacia albida* was due to high ADFN content (35.1%) and to the undegradability of the NDFN-ADFN fraction (table I). In our study, the lower N degradability of the browses could be explained by the N content in the cell wall.

Ho Ahn J, Robertson BM, Elliott R, Gutteridge RC, Ford CW (1989) *Anim Feed Sci Technol* 27, 147-156

Van Soest PJ, Sniffen CJ (1984) *Proc Distillers Feed Conf* 39, 73-81

Table I. Chemical composition and degradability of N and detergent-soluble and insoluble N of forages.

Forages	Composition (%)			Degradability (%)		
	N/DM	NDFN/N	ADFN/N	N	NDFN	NDFN-ADFN
Acacia	2.43	64.0	35.1	26.7	0	0
Balanites	5.19	17.2	5.5	82.6	17.7	20.7
Cocksfoot	2.40	48.2	7.2	62.6	26.1	26.8
Alfalfa	2.85	36.7	8.0	75.8	43.4	51.7

Extrait d'une publication envoyée à la revue : "Animal Feed Science and Technology" (sous presse)

Nitrogen partition in cell structures of tropical browse plants compared to temperate forages : Influence on their *in situ* degradation pattern

S.Fall-Toure¹ and B.Michalet-Doreau² *

¹ ISRA -LNERV, BP 2057 Dakar, Sénégal

² Station de Recherches sur la Nutrition des Herbivores
INRA - Theix, 63122 Saint Genès-Champanelle, France

* To whom correspondence should be addressed

ABSTRACT

We compared the N ruminal degradation of browses with them of forages harvested in temperate country, and we examined the relationships between *in situ* N degradability and detergent fibre N content. Six browse plants were collected during the hot dry season in the semi-arid zone of West Africa (Senegal). Six hays were prepared from forages grown at Clermont-Ferrand, a semi-mountainous area in temperate zone. We measured the partition nitrogen (N) in feedstuffs with the detergent fibre system and the N and fibre N ruminal degradation with the nylon bag technique. Nitrogen in the neutral detergent fibre (expressed as %total N) varied from 10 to 64% for browses and from 23 to 48% for hays. For browses, an important part of cell wall N was located in the acid detergent fibre (ADFN). As a consequence of these chemical composition variations, there were large differences in N degradability of the browses, from 28 (leaves of *Guiera senegalensis*) to 86% (pods of *Acacia raddiana*). It was closely related to ADFN contents (RMSE=3.6; $R^2=0.98$). The extent of N degradability variations was much lower for hays, from 70 to 79%.

INTRODUCTION

Trees and shrubs represent an important feed source for ruminants in dry tropical regions of Africa. Their high nitrogen (N) content is well known (Le Houerou, 1980). Browses may thus enhance the protein level in ruminant diets, but their N is not always available in the digestive tract (Wilson, 1977; Reed et al., 1990). The evaluation of the browse nitrogen quality is therefore of major importance.

All the modern systems for the protein evaluation of ruminant feeds distinguish between N that is degraded in the rumen and may be converted to microbial crude protein, and undegradable or by-pass protein N which is more or less digestible in the intestine. The nylon bag technique is widely used to estimate the degradability of dietary N in the rumen.

Van Soest and Sniffen (1984) suggest an evaluation of different N fractions according to their location in the different parts of plant cells to help explain the N degradation profile. The neutral detergent soluble N (NDSN) would be readily degradable in the rumen and N bound to acid detergent fibre (ADFN) undegradable and undigestible (Goering et al., 1972).

To try to explain the low N digestibility of some browses, we compared the N ruminal degradation of browses with them of forages harvested in temperate country, which are recognised as having a high N digestibility (Jarrige, 1980). Our objective was also to examine the relationships between *in situ* N degradability and detergent fibre N content.

MATERIALS AND METHODS

Forages

The studied fodder trees were chosen for their pastoral interest during the dry season. The Mimosaceae (*Acacia* sp.) and the Combretaceae (*Guiera senegalensis*) represent a major part of pasture. The pods of *Acacia albida* and *Acacia raddiana*, the browses which keep their leaves during the dry season (*Bauhinia rufescens* and *Balanites aegyptiaca*) are widely fed during this period. Samples of these browses were collected in the hot dry season, in the sahelian zone of Senegal (Dahra) for *A. albida* and *B. aegyptiaca* and at the LNERV centre (Dakar) in the sahelio-sudanian zone for the three other species. Fresh samples (400 to 500 g) were hand-harvested from two or three specimens. Samples were air dried (2 to 4 days) in the shade. Six hays were prepared from forages grown at INRA, Clermont-Ferrand (Puy de Dôme, France), a semi-mountainous area at an altitude of 850 m. The hays were three samples of lucerne (*Medicago sativa*, Europe variety), harvested at the first, second, and third cutting; two samples of cocksfoot (*Dactylis glomerata*, Lutetia variety), harvested during the first growth at an early (early heading) or later (full flowering) stage; and a Hybrid Rye-grass (*Lolium multiflorum* x *perenne*, Dalita variety), harvested at the third cutting. All the samples were ground in a hammer mill with .8mm sieve.

Measurements

In situ measurements were carried out using the nylon bag technique as described by Michalet-Doreau and Ould-Bah (1992). Three rumen fistulated dry cows (body weight 375 kg) received 7 Kg DM d⁻¹ natural grassland hay and concentrate (70:30) in two equal meals, at 08.00 and 16.00 h. About 3 g of sample ground through an .8 mm screen were introduced into the nylon bag (internal dimensions: 6 cm x 11 cm; pore size: 46 µm). The bags were heat sealed, all inserted into the rumen at once and removed after 1, 2, 4, 6, 8, 14, 24, 48, 72 and 96 hours. To take into account the bacterial contamination of bag residues, we used in this

study the method described by Michalet-Doreau and Ould-Bah (1992) that combined a technique of bag washing and beating in stomacher. After treatment, the bags were dried at 80°C and weighted. There were six measurements (3 cows x 2 replications) for each incubation time.

Chemical and mathematical analysis

Samples of original material and residues were analysed for total N by Kjeldahl method (AOAC, 1984), and the fibre content according to the method of Van Soest and Robertson (1980). Nitrogen bound to fibre was determined on neutral (NDFN) and acid detergent residues (ADFN). Available fibre nitrogen (AFN) was calculated as NDFN concentration minus ADFN concentration. Neutral detergent soluble N (NDSN) was calculated as total N minus NDFN.

The degradation kinetics of total N, NDFN and AFN, obtained for each feedstuff and for each animal, were fitted (NLIN procedure of SAS, 1985) to an exponential model with (Dhanao, 1988) or without lag time (Orskov and Mc Donald, 1979). The N and N components degradability was calculated by fixing particle outflow rate at $.04 \text{ h}^{-1}$ (Lechner-Doll et al., 1990).

The treatments were arranged in a complete block design with 3 replications and the data were subjected to one-way analysis of variance.

RESULTS AND DISCUSSION

The NDFN fraction of temperate forages represented 34% of total N in our results, 35 and 33% in the results of Krishnamoorthy et al. (1982) and Janicki and Stallings (1988) respectively. The NDFN content of browses was comparable to that of hays, but more variable, from 10 to 64% (Fig. 1). The extent of variation also was large in the study of Rittner and Reed (1992), from 22 to 45% N total remaining in NDF. These variations of NDFN fraction were in relation to ADFN variations. The ADFN content of browses was in mean high (19%), and very variable, from 5 to 35% of total N. The ADFN fraction may include lignin-bound N, Maillard reaction products and tannin-protein complexes (Van Soest et al., 1987). Browse species have a wide range in quantity of tannins and phenolic compounds, and these tannins form insoluble complexes with protein which increase the N content of fibre (Mould and Robbins, 1981; Reed, 1986).

In mean, N degradability was 63.5 and 74.8% for browses and temperate forages respectively (Table 1). Among browses, N degradability of two pods was high, 82.9%, and that of leaves varied considerably, from 27.8% for the leaves of *G. senegalensis* to 85.2% for the leaves of *B. aegyptiaca*. The low degradability of *G. senegalensis* leaves was due to an

Figure 1 - Partition of nitrogen into neutral-detergent soluble (NDSN), available fibre (AFN) and acid detergent fibre nitrogen (ADFN) in feedstuffs (expressed on % total N)

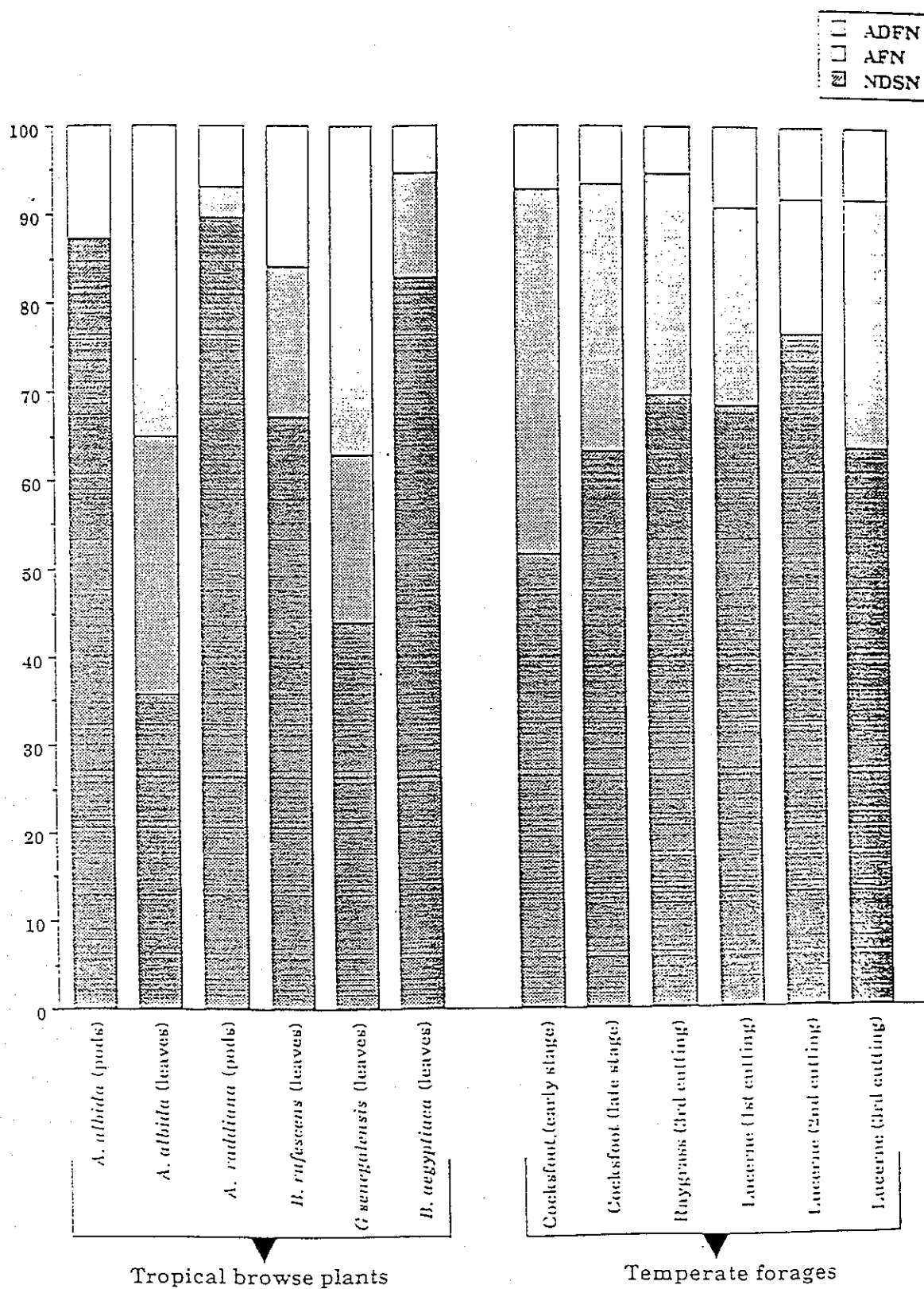


Table 1 - *In situ* N degradability of feedstuffs

	Rapidly degradable fraction	Slowly degradable fraction	Undegradable fraction	Lag time (h)	Degrada- tion rate (h ⁻¹)	N degrada- bility (%)
	(% N)					
<u>Tropical browse plants</u>						
<i>Acacia albida</i> (pods)	49.4	40.9	9.7	.0	.135	80.2
<i>Acacia albida</i> (leaves)	19.0	40.3	40.6	.2	.024	35.3
<i>Acacia raddiana</i> (pods)	71.3	26.5	2.2	.0	.062	85.7
<i>Bauhinia rufescens</i> (leaves)	51.6	38.9	9.5	6.9	.040	66.9
<i>Guiera senegalensis</i> (leaves)	19.0	22.9	58.0	4.3	.025	27.8
<i>Balanites aegyptiaca</i> (leaves)	69.2	22.7	8.0	.0	.096	85.2
<u>Temperate forages</u>						
Cocksfoot (early stage)	21.3	73.0	5.6	.0	.083	70.6
Cocksfoot (later stage)	44.3	48.3	7.3	.0	.093	77.7
Rye-grass (3rd cutting)	33.7	49.7	16.6	.0	.112	69.8
Lucerne (1st cutting)	42.4	48.8	8.8	.0	.113	76.4
Lucerne (2nd cutting)	37.4	51.6	10.9	.0	.115	75.1
Lucerne (3rd cutting)	42.8	50.3	6.8	.0	.121	79.3
SEM	4.7	6.0	3.6	1.3	.033	3.2

high undegradable fraction in the rumen, 58.0% of total N. Pronounced differences for in sacco N degradability were also found by Kamatali et al. (1992) with 3 species of tree leaves. With an in vitro technique, Rittner and Reed (1992) reported a large variation for N degradability among West African browses, and the range between the common species in the two studies was similar.

The contribution of different N fractions to N degradability (Fig. 2) showed the dominance of NDSN which represented, in mean, 93 and 85% degraded N in tropical browses and temperate forages respectively. The N degradability of browses was nearly equal to NDSN content, expressed as a proportion of total N. But the contribution of the AFN fraction to N degradability was not negligible for temperate hays. For all studied forages, ADFN fraction was almost completely undegradable.

Nitrogen degradability of hays was not significantly related to NDFN or ADFN contents, the variation of N degradability being small. In contrast, for browses, the extent of variation was large and the N degradability was closely related to NDFN contents ($RMSE=7.1$; $R^2=.94$), mostly owing to the very close association between ADFN content and N degradability ($RMSE=3.6$; $R^2=.98$) (fig.3).

CONCLUSIONS

The N distribution in plant cell is more homogenous in the temperate forages than in the browse fodders studied. As a result, the variations in N degradability are greater for the latter. And the N degradability of browses is closely related to ADFN contents. This relationship could be used to predict the N value of browses which is very variable. Nevertheless it should be assessed on a more important number of species.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported in part by the International Foundation of Science (grant B/1107-02) and by the European Economic Community (STD2/215 Program).

The authors wish to thank R. BERGEAULT for his technical assistance.

Figure 2 - Degradable N and its partitioning into degradable neutral-detergent soluble (NDSN), available fibre (AFN) and acid detergent fibre nitrogen (ADFN) in feedstuffs (expressed on % total N)

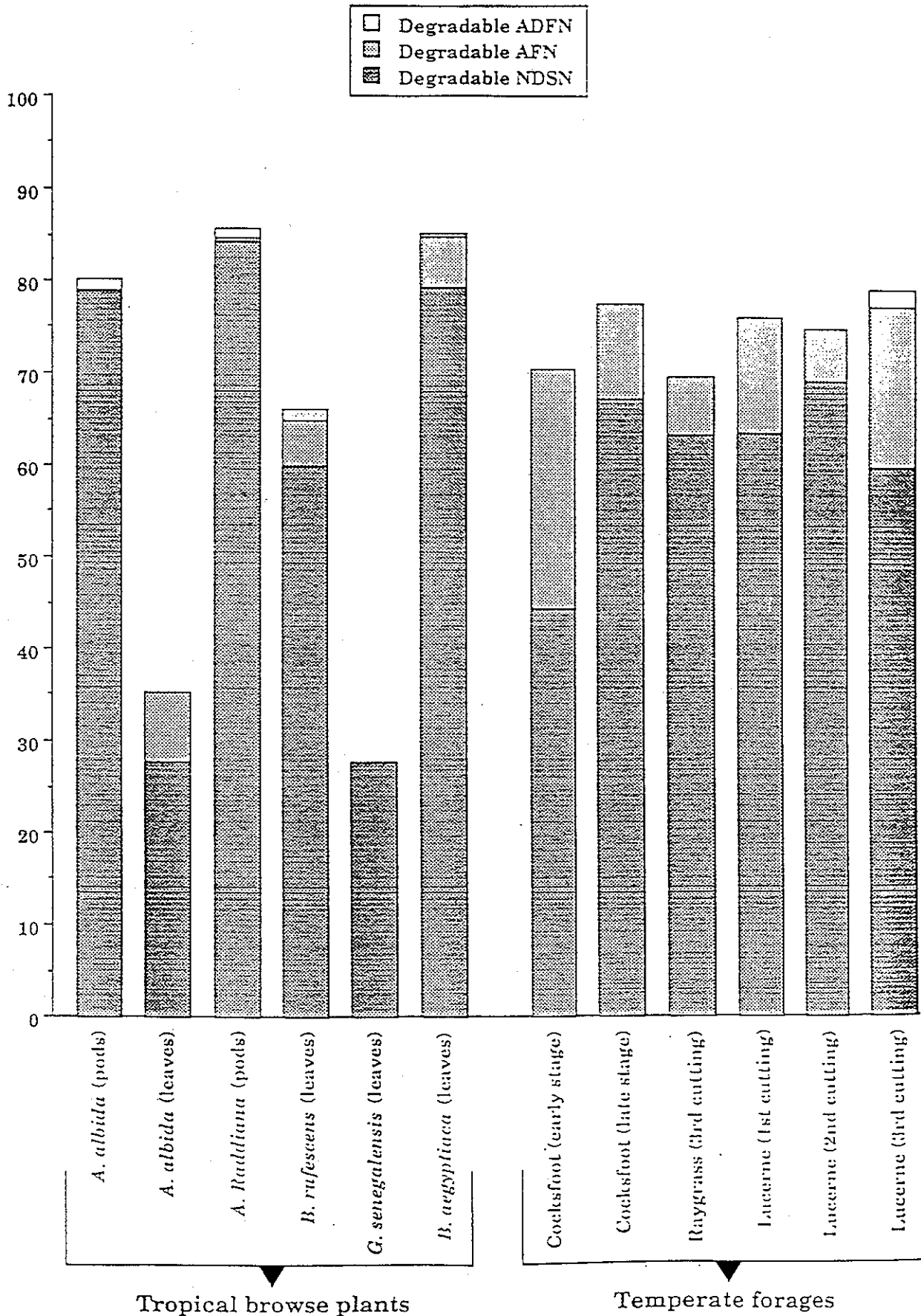
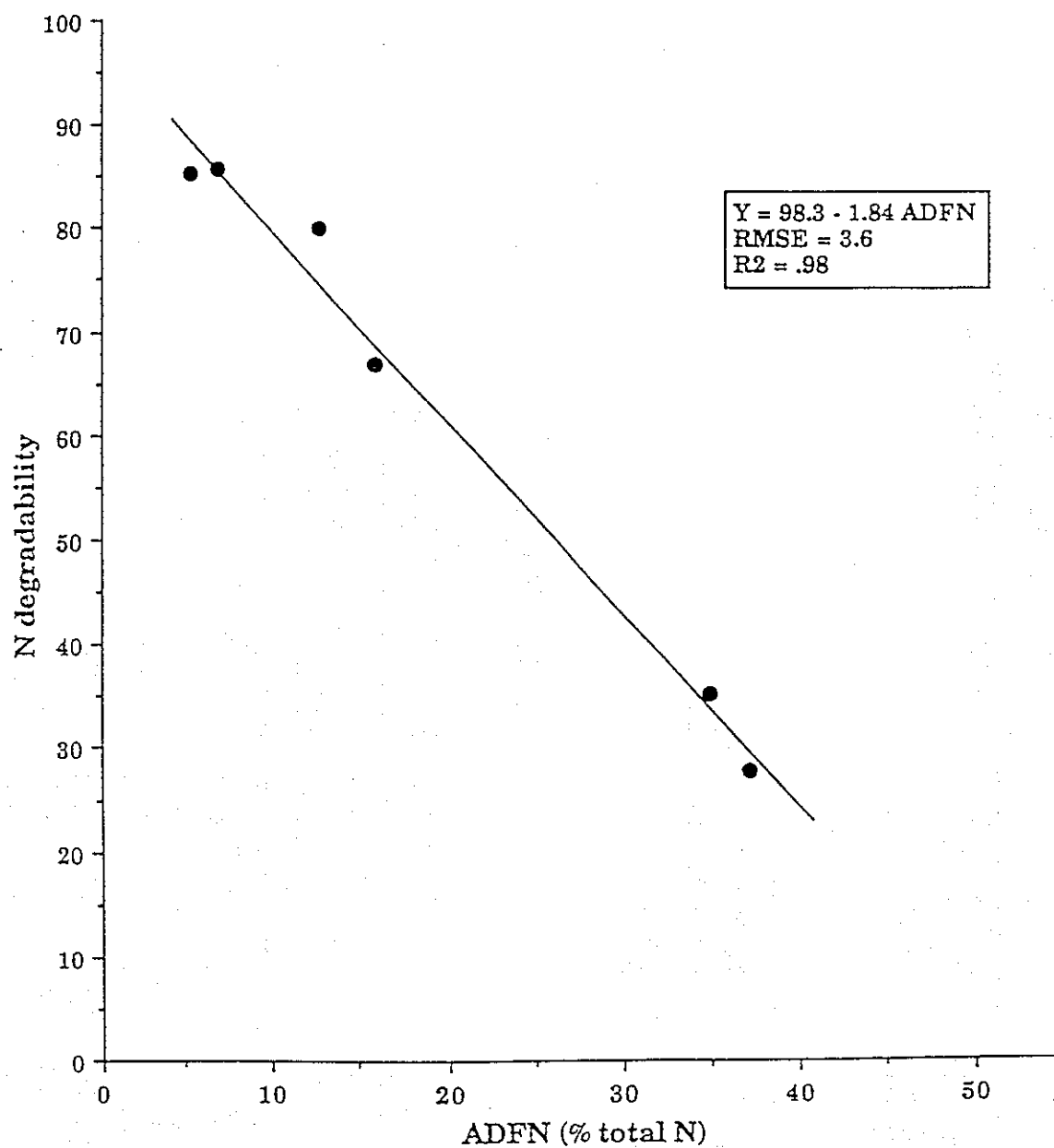


Figure 3 - Relationship between ADFN content (expressed on p.100 total N) and N degradability of browses (RMSE = root mean square error)



REFERENCES

- Association of Official Analytical Chemists, 1984. Official Methods of Analysis, 14th edn. AOAC, Washington, DC, pp. 152-174.
- Dhanao, M.S., 1988. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. *Grass Forage Sci.*, 43: 441-444.
- Goering, H.K., Gordon, C.H., Hemken, R.W., Waldo, D.R., Van Soest, P.J. and Smith, L.W., 1972. Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. *J. Dairy Sci.*, 56: 1275-1280.
- Janicki, F.J. and Stallings, C.C., 1988. Degradation of crude protein in forages determined by *in vitro* and *in situ* procedure. *J. Dairy Sci.*, 71: 2440-2448.
- Jarrige, R., 1980. Chemical methods for predicting the energy and protein value of forages. *Ann. Zootech.*, 29: 299-323.
- Kamatalli, P., Teller, E., Vanbelle, M., Colignon, G., and Foulon, M., 1992. *In situ* degradability of organic matter, crude protein and cell wall of various tree forages. *Anim. Prod.*, 55: 29-34.
- Krishnamoorthy, U., Muscato, T.V., Sniffen, C.J. and Van Soest, P.J., 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65: 217-225.
- Lechner-Doll, M., Rutagwenda, T., Schwartz, H.J., Schultka, W. and Engelhardt, W.V., 1990. Seasonal changes of ingesta mean retention time and forestomach fluid volume in indigenous camel, cattle, sheep and goats grazing a thornbush savannah pasture in Kenya. *J. Agric. Sci.*, 115: 409-420.
- Le Houerou, H.N., 1980. The role of browse in the Sahelian and Sudanian zones. In: H.N. Le Houerou (Editor), *Browse in Africa*. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, 21 pp.
- Michalet-Doreau, B. and Ould-Bah, M.Y., 1992. Influence of hay making on *in situ* nitrogen degradability of forages in cows. *J. Dairy Sci.*, 75: 782-788.
- Mould, E.D. and Robbins, C.T., 1981. Evaluation of detergent analysis in estimating nutritional value of browse. *J. Wildl. Manage.*, 45: 937-947.
- Orskov, E.R. and McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-503.
- Reed, J., 1986. Relationships among soluble phenolics, insoluble proanthocyanidins and fibre in East African browse species. *J. Range Manage.*, 39: 5-7.
- Reed, J.D., Soller, H. and Woodward, A., 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 30: 39-50.
- Ritmer, U. and Reed, J.D., 1992. Phenolics and *in vitro* degradability of protein and fibre in West African browse. *J. Sci. Food Agric.*, 58: 21-28.
- SAS, 1985. SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Van Soest, P.J. and Robertson, J.B., 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: W.J. Pigden, C.C. Balch and M. Graham (Editors), Standardization of Analytical Methodology for Feeds. Proceeding of a workshop, 12-14 March 1979, Ottawa, Canada. IRDC Rep.134e, Unipub, New York, pp. 47-60.

Van Soest, P.J. and Sniffen, C.J., 1984. Nitrogen fractions in NDF and ADF. Proc. Distillers Feed Conf., 39: 73-81.

Van Soest, P.J., Conklin, N.L. and Horwarth, P.J., 1987. Tannins in foods and feeds. Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Ithaca, NY, Cornell University, Syracuse, NY, pp.115-122.

Wilson, A.D., 1977. The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats. Aust. J. Agric. Res., 28: 501-508.

4.5. Dégradabilité de l'azote des ligneux fourragers dans les intestins

Taux de disparition *in sacco* de l'azote dans l'intestin grêle et dans le gros intestin

Le taux de disparition de l'azote dans les intestins de trois espèces ligneuses et deux foins tempérés sont présentés au tableau IX.2. Dans l'intestin grêle ce taux était en moyenne de 46 p.100 N initial et a varié de 16 pour les fruits d'*A. raddiana* à 78 p.100 pour le foin de *Dactyle* récolté à un stade précoce. Ce taux de disparition de N dans l'intestin grêle était en moyenne plus faible pour les ligneux (34 p.100 en moyenne) que pour les deux foins de graminées (69 p.100 en moyenne). Il était très variable pour les ligneux, de 24 pour les *Acacia* à 63 p.100 pour *Balanites aegyptiaca*, espèce pour laquelle la valeur était comparable à celle des foins tempérés.

Tableau IX.2 - Digestion *in situ* de l'azote dans l'intestin grêle et dans le gros intestin (p.100 N entrant dans le compartiment : comparaison des ligneux avec des foins de zone tempérée (Fall Touré 1993)

FOURRAGES	ORGANES	DIGESTION DE L'AZOTE	
		INTESTIN GRELE	GROS INTESTIN
<i>A. albida</i>	fruits	32.7	12.4
<i>A. albida</i>	feuilles	23.2	0.0
<i>A. raddiana</i>	fruits	15.9	8.5
<i>B. aegyptiaca</i>	feuilles	63.5	-0.5
<i>D. précoce</i>	foin	77.9	-20.7
<i>D. tardif</i>	foin	60.5	-1.5

Yang (1991) en étudiant la dégradabilité dans l'intestin grêle des fourrages tempérés a mis en évidence l'importance de la contamination microbienne. Le taux de disparition de l'azote des foins de luzerne et de prairie permanente était respectivement de 69.8 et 67.6 p.100 de l'azote entrant dans le compartiment. Si on tenait compte de la contamination bactérienne ce taux passait à 51.0 et 32.6 p.100 respectivement pour la luzerne et le foin de prairie permanente.

Le taux de disparition des MAT dans le gros intestin a été assez faible et même parfois négatif (tableau IX.2).

La disparition de l'N alimentaire dans le gros intestin est un phénomène de faible importance, considéré souvent comme négligeable. En fait, elle est mal connue en raison des faibles quantités d'azote mise en jeu. Il en résulte que la méthode des sachets mobiles est souvent appliquée dans l'ensemble de l'intestin par différence entre le duodénum et les fèces (Varvikko et Vahantalo, 1989 ; Hvelplund *et al.*, 1992 ; de Boer *et al.*, 1987) et les résultats sont utilisés pour caractériser la digestion de l'azote dans l'intestin grêle.

La différence entre les teneurs en N résiduel avant et après passage dans le gros intestin est le résultat de deux phénomènes qui agissent en sens inverse, la digestion de l'N alimentaire et microbien dans le gros intestin qui est probablement faible et la colonisation des résidus alimentaires par les microorganismes du gros intestin. Dans le cas d'une augmentation de la teneur en N résiduel (dactyle précoce) le taux de colonisation est supérieur au taux de dégradation. Par ailleurs, à la fin de l'intestin grêle, on dispose de faibles quantités de résidus pour la plupart des aliments sauf pour les feuilles d'*A. albida*. Les mesures se faisant par pesées elles peuvent donc être relativement imprécises avec de faibles résidus.

Evolution des MAT résiduelles après passage dans les différents compartiments du tube digestif

Le tableau IX.3 et la figure IX.9 présentent les proportions d'azote digéré dans les différentes parties du tube digestif. Après 14 heures d'incubation dans le rumen la proportion d'azote dégradé est importante pour tous les fourrages étudiés (74<D<86 p.100), sauf pour les feuilles d'*A. albida* (D = 23 p.100). Le rumen est donc le principal site de digestion de l'azote des fourrages. De 3 (pour les fruits d'*A. raddiana*) à 20 p.100 (Dactyle précoce) de l'azote initial a été dégradé dans l'intestin grêle, alors que la proportion d'azote dégradé dans le gros intestin était quasiment nulle. Ce dernier résultat autorise la récupération des sachets dans les fèces permettant ainsi la simplification de la technique des sachets mobiles.

Après passage dans les trois compartiments, rumen, intestin grêle et gros intestin, le pourcentage d'azote non digéré dans les différents compartiments du tube digestif varie de 5 à 15 p.100 de l'azote initial sauf pour les feuilles d'*A. albida* (Nres = 59 p.100).

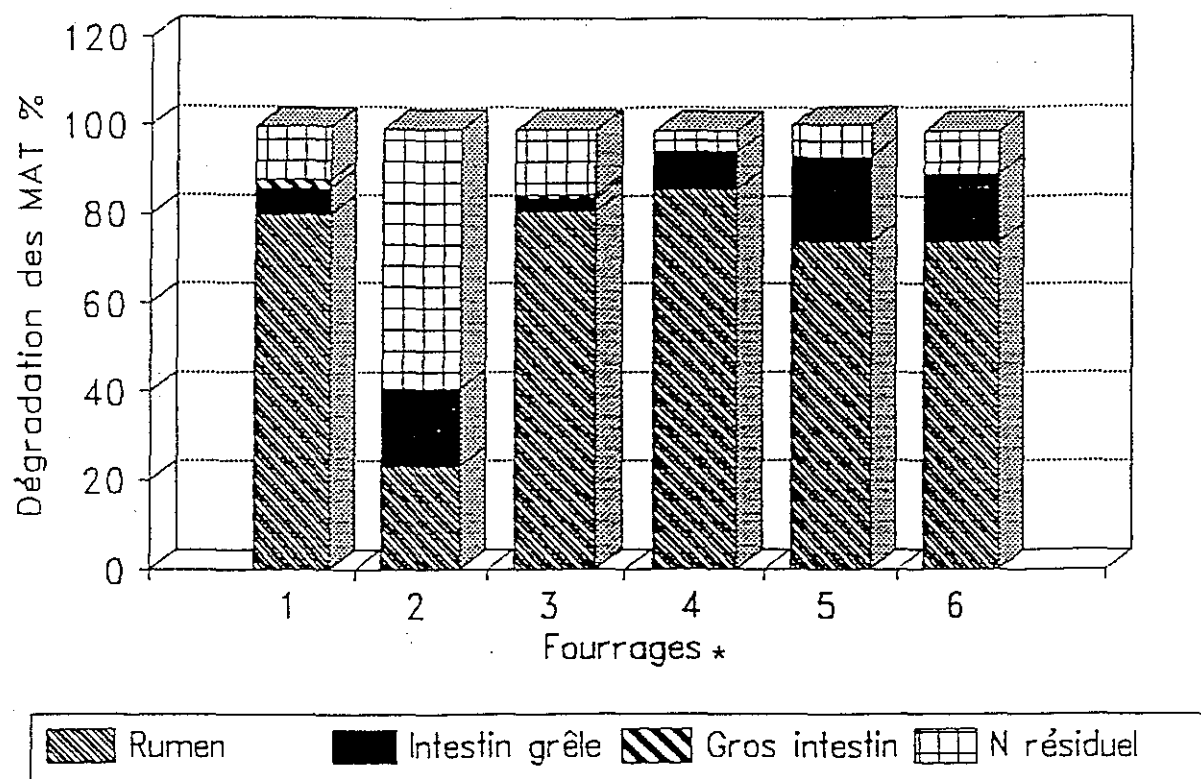
Tableau IX.3 - Dégradation des MAT (p.100 de l'azote initial) après passage dans les différents compartiments du tube digestif.
Comparaison de trois espèces ligneuses avec deux foin tempérés (Fall Touré 1993)

FOURRAGES	ORGANES	COMPARTIMENT			
		Rumen*	Intestin grêle	Gros Intestin	N résiduel final**
<i>A. albida</i>	fruits	80	6	2	12
<i>A. albida</i>	feuilles	23	18	0	59
<i>A. raddiana</i>	-	81	3	1	15
<i>B. aegyptiaca</i>	-	86	9	0	5
Dactyle précoce	foin	74	20	-1	7
Dactyle tardif	-	74	16	0	10

* N dégradé après 14 heures d'incubation dans le rumen.

** Après passage dans le rumen (14h), dans l'intestin grêle et dans le gros intestin.

Figure IX.9 - Dégradation *in situ* des MAT des ligneux. Comparaison des compartiments du tube digestif



Fourrages *

1. *A. albida* fruits
2. *A. albida* feuilles
3. *A. raddiana* fruits
4. *B. aegyptiaca* feuilles
5. Dactyle précoce foin
6. Dactyle tardif foin

Relations entre l'azote résiduel estimé par les sachets mobiles, les teneurs en MAND et en ADF-N

La teneur en azote résiduel dans les sachets mobiles récupérés au niveau fécal est liée d'une part à la teneur en MAND des ligneux (*in vivo*), d'autre part à leur teneur en azote lié à l'ADF selon les équations suivantes :

$$\begin{array}{llll} \text{Nres} = 39.9 \text{ MAND} - 137.4 \pm 8.1 & R = 0.946 & N = 5 \\ \text{Nres} = 7.09 \text{ ADFN} - 3.7 \pm 7.0 & R = 0.952 & N = 6 \end{array}$$

Si le faible nombre de mesures limite la portée de ces équations, il a cependant été possible, en ce qui concerne l'utilisation digestive de l'azote des ligneux comparés aux foin des zones tempérées, d'établir des liaisons entre la technique *in vivo* (MAND) et la technique *in sacco* (sachets mobiles). Elles confirment également (Koné 1987 - Guerin *et al.* 1989) que l'azote dans l'ADF pourrait être un bon indicateur de la digestibilité des ligneux.

Cette portion de N est liée à la lignine et peut être surestimée par les réactions de Maillard (Van Soest et Mason, 1991) surtout en ce qui concerne les produits surchauffés. L'ADF-N peut être également surestimé par la présence de complexes tanins-protéines indigestibles (Waters *et al.* 1992) pour les aliments qui contiennent des composés secondaires comme les ligneux. Il a été un bon indicateur pour la caractérisation de l'azote des espèces ligneuses que nous avons étudiées.

Les résultats montrent une prépondérance du rôle du rumen rapport aux intestins pour la dégradation de l'azote des échantillons testés. En effet, 88 p.100 des MAT dégradées en moyenne le sont dans le rumen contre 15 p.100 seulement dans l'intestin grêle. La non modification des MAT résiduelles par leur passage dans le gros intestin suggère la récupération des sachets dans les fèces comme cela a été appliqué par la plupart des équipes utilisant cette technique (de Boer *et al.*, 1987).

Les fourrages classiques qu'ils ont étudiés avaient des teneurs en MATr (p.100 MAT) comprises entre 2 (herbe verte) et 8 p.100 (luzerne déshydratée). Les tourteaux d'arachide et de coton couramment utilisés au Sénégal avaient des teneurs en MATr de 0.9 et 1.4 p.100 de MAT respectivement.

Parmi nos échantillons, seul celui de feuilles *Balanites aegyptiaca* contient de l'azote très digestible comparable à un fourrage de graminées (MATr = 5 p.100 MAT), les gousses d'*Acacia albida* et les feuilles d'*Acacia raddiana* (MATr = 12 et 15 p.100 de MAT respectivement) étant comparables, de ce point de vue, à des pellicules de soja ou des farines de poisson. Les feuilles d'*Acacia albida* (MATr = 59 p.100 de MAT) sont plus proches des pulpes de raisin.

En ce qui concerne les ligneux, Jayasuriya *et al.* (1982) ont simulé la dégradation post-ruminale de quatre espèces ligneuses par traitement à la pepsine selon Tilley-Terry (1963) après passage dans le rumen pendant huit heures. Ils observaient une prépondérance du compartiment post ruminal dans lequel disparaissait 50 à 73 p.100 des MAT dégradées. Ils remarquaient l'existence de protéines alimentaires qui échappaient à la dégradation microbienne dans le rumen pour être absorbées dans l'intestin grêle. Ces résultats diffèrent des nôtres qui montrent, pour les espèces ligneuses étudiées, que la plus grande partie des MAT dégradées le sont dans le rumen. Ces différences pourraient s'expliquer par les méthodes appliquées

pour estimer la digestion post ruminale (*in situ* vs *in vitro*), mais aussi par le temps de préincubation dans le rumen qui est de 8 heures pour Jayasuriya *et al.* (1982) contre 14 heures pour nos essais.

En effet, selon de Boer *et al.* (1987), Antoniewicz *et al.* (1992) et Hvelplund *et al.* (1992), la durée de la préincubation dans le rumen, comprise dans les essais de de Boer *et al.* (1987) entre 0 et 24 heures, influence la répartition de la digestion entre le rumen et l'intestin.

Pour une digestion globale propre à l'aliment lui-même, il y aurait un phénomène de compensation entre les différents compartiments : une faible dégradabilité ruminale consécutive à un bref temps de séjour des aliments dans le rumen pourrait être rattrapée par une forte digestibilité intestinale.

Toutefois, il faut souligner que ces différences traduisent avant tout les conséquences de choix expérimentaux qui ne correspondent pas forcément à des conditions physiologiques.

La mise en évidence de ces phénomènes de compensation montre que la comparaison des aliments (dans le but d'établir des hiérarchies) sur le critère "digestion de l'azote dans le rumen/digestion de l'azote dans l'intestin" qui est utile au plan pratique, ne peut se faire que dans des conditions expérimentales strictement identiques.

On peut noter que dans l'étude de Safietou Fall Touré *et al.* (1993), les feuilles de *Faidherbia albida* ont, quel que soit le compartiment, une faible dégradabilité de leur azote.

Cette expérimentation a fait l'objet d'une publication dans la Revue : Proc. Soc. Nutr. Physiol. (1994) 3 : 60.

POST-RUMINAL DEGRADATION OF NITROGEN IN TROPICAL BROWSE PLANTS COMPARED TO LUCERNE HAY.

Safietou Fall-Touré, Brigitte Michalet-Doreau¹, Claude Poncet¹
ISRA-LNERV BP 2057 Dakar Sénégal
¹ INRA Centre de Clermont-Ferrand Theix, SNRH 63122 Saint
Genès Champanelle France.

In tropical regions, high level of nitrogen (N) is one of the main chemical characteristics of tree forages when compared to grasses. However, the N availability in the digestive tract of ruminants is often questionable. To answer that question and thus, classify tropical browses according to the true N digestibility, *in sacco* method was used in the rumen (MICHALET-DOREAU and FALL-TOURE, 1993) for assessing their N value. In this study, N degradation of *Acacia albida* and *Balanites aegyptiaca* leaves in sheep small and large intestines was compared to that of lucerne hay.

A. albida and *B. aegyptiaca* leaves were sampled in Dakar (Senegal) and lucerne hay was obtained from INRA (Clermont-Ferrand Center, France). Samples were dried and ground to pass through 1 mm mesh. After being incubated in the rumen of Jersey cows (MICHALET-DOREAU et al., 1987) for 14 hours, rumen residue, approximately 300 mg, were sampled in micro-nylon bag and introduced in the small intestine of sheep through duodenal fistula. Part of the bags was collected at the end of the duodenum through the ileo-ileal fistula while the other part was incubated again in the large intestine for recuperation in feces. Bag were washed in sodium chloride solution (9%) and oven dried (80 °C) for 24 hours (YANG et PONCET, 1990). N degradation represented by N loss in the small and large intestines was estimated by difference in N content of samples between duodenum and ileum and between ileum and feces. Large variations in N degradation profiles of tree forages were observed. Total N degradability after passage through three digestive tract compartments was 41, 95, and 93 % for *A. albida*, *B. aegyptiaca* and lucerne hay respectively.

Rumen was the main site of N degradation in which 80 % of the total degraded N disappeared. In the small intestine, N degradation was 23, 64 and 79 % of N entering that compartment for *A. albida*, *B. aegyptiaca* and lucerne hay respectively. In the large intestine, N disappearance was close to zero for all the samples. The N degradation profiles was not modified by the passage through the large intestine. That observation allows recuperation of micro-bags in the feces after introduction in the duodenum though fistula as reported by HVELPLUND et al., (1992).

Degradation profiles appear to be strongly ($R = 0.95$) linked to lignocellulose content in forages. Close relationships were also found between in vivo digestibility and in sacco N degradation after passage through the whole digestive tract ($R = 0.95$).

REFERENCES

- MICHALET-DOREAU B., FALL TOURE S., 1993. Ruminant N degradation of browse and temperate forages and partition of N into carbohydrates. Ann. Zootech., 42: 140.
- MICHALET-DOREAU B., VERITE R. et CHAPOUTOT P., 1987. Methodologie de mesure de la dégradabilité in sacco de l'azote des aliments dans le rumen. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA France 69: 5-7.
- YANG W.Z. et PONCET C. 1991 Mesure de la digestion de l'azote alimentaire dans les différentes parties du tube digestif du mouton par la technique des sachets nylon. Note Technique Unité de la Digestion. CRZV Theix INRA, France.
- HVELPLUND T., WEISBJERG M.R. and ANDERSEN L.S., 1992. Estimation of the true digestibility of rumen undegraded dietary protein in the small intestine of ruminants by the mobile bag technique. Acta Agric. Scand., 42: 34-39.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANTONIEWICZ A.M., VAN VUUREN A.M., VAN DER KOELEN C.J. and KOSMALA I., 1992 - Intestinal digestibility of rumen undegraded protein of formaldehyde-treated feedstuffs measured by mobile bag and *in vitro* technique. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 39: 111-124.
- BERNARD L., MARVALIN O., YANG W.Z., PONCET C., 1988 - Colonisation bactérienne de différents types d'aliments incubés in sacco dans le rumen : conséquences pour l'estimation de la dégradabilité de l'azote. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, suppl. 1 : 105-106.
- DE BOER G., MURPHY J.J., KENELLY J.J., 1987 - Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *J. Dairy Sci.*, 70 : 977-982.
- DEMARQUILLY C., GRENET E. et ANDRIEU J., 1981 - Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages. In: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, INRA Publ. : 129-154.
- GUERIN H., RICHARD D., LEFEVRE P., PRIOT D., MBAYE N., 1989 - Prévision de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. In *Proc. 16th Internat. grassl. cong.*, Nice, France : 879-880.
- HVELPLUND T., WEISBJERG M.R. and ANDERSEN L.S., 1992 - Estimation of the true digestibility of rumen undegraded dietary protein in the small intestine of ruminants by the mobile bag technique. *Acta Agric. Scand.*, 42 : 34-39.
- JAYASURIYA M.C.N., WIJEYATUNGE C. and PERERA H.D.G., 1982 - Rumen and post-rumen fermentation of spent tea leaf protein and other protein sources studied by the nylon bag method. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 7 : 221-224.
- KONE A.R., 1987 - Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahélienne et soudanienne d'Afrique occidentale. Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse Doct. 3e cycle. Univ. P. et M. Curie, Paris VI. 131 p.
- KONE A.R., RICHARD D., GUERIN H., 1989 - Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique occidentale. In: *XVIe Congrès International des Herbages*. Nice, Tome II : 947-948.
- KRISHNAMOORTHY U., MUSCATO T.V., SNIFFEN C.J. and VAN SOEST P.J., 1982 - Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, 65 : 217-225.

- LECHNER-DOLL M., RUTAGWENDA T., SCHWARTZ H.J., SCHULTKA W. and ENGELHARDT W.V., 1990 - Seasonal changes of ingesta mean retention time and forestomach fluid volume in indigenous camel, cattle, sheep and goats grazing a thornbush savannah pasture in Kenya. *J. Agric. Sci.*, 115 : 409-420.
- Mc LEOD M.N., 1974 - Plant tannins - Their role in forage quality. *Nutr. Abstr. Rev.*, 44 : 803-815.
- MATHERS J.C. and AITCHISON E.M., 1981 - Direct estimation of the extent contamination of food residues by microbial matter after incubation within synthetic fibre bags in the rumen. *J. agric. Sci. Camb.* 96 : 691-693.
- MICHALET-DOREAU B., 1988 - Proposition de programme sur l'étude de la valeur azotée des ligneux - Programme ST2/215 : 3 p.
- MICHALET-DOREAU B. et OULD BAH M.Y., 1989. Estimation of the extent of bacterial contamination in bag residue and its influence on *in sacco* measurements of forage nitrogen degradation in rumen. In: *Proc. XVth Int. Grassld Congr.*: 909-910.
- NOCEK J.E., 1988 - *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *J. Dairy Sci.*, 71 : 2051-2069.
- ORSKOV E.R. and Mc DONALD I., 1979 - The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92 : 499-503.
- OULD BAH M.Y., MICHALET-DOREAU B., JAMOT J., 1988 - Colonisation bactérienne des résidus alimentaires des sachets incubés dans le rumen : utilisation du "stomacher" pour la réduire et conséquences sur la mesure de la dégradabilité ruminale de l'azote. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28 : 107-108.
- OULD BAH M.Y., 1989 - Adaptation de la technique *in sacco* à l'étude de la dégradation dans le rumen de l'azote des fourrages et application à l'étude des fourrages verts. Thèse Doct. Univ. Sci. Tech. Languedoc Montpellier. 185 p.
- OULD BAH M.Y., and MICHALET-DOREAU B., 1989 - Effect of forage conservation methods on *in sacco* nitrogen degradability in the rumen. In: *Proc. XVth Int. Grassld Congr.*, 907-908.
- RAE R.C. et SMITHARD R.R., 1985 - Estimation of true nitrogen digestibility in cattle by a modified nylon bag technique. In: *Proc. Nutr. Soc. Abstract of Communications*, p. 116.
- TILLEY J.M.A., TERRY R.A., 1963 - A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Br. J. Grassld. Soc.*, 18 : 104-107.
- TOURE FALL Safietou, 1993 - Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse de Doctorat en Zootechnie - option Nutrition. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. 144 p.

- VAN SOEST P.J. and MASON V.C., 1991 - The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Anim. feed Sci. Technol.*, 32 : 45-53.
- VAN SOEST P.J. and SNIFFEN C.J., 1984 - Nitrogen fractions in NDF and ADF. In: *Proc. Distillers Feed Conference. Cincinnati, Ohio*, 39 : 73-81.
- VAN SOEST P.J., WINE R.H., 1967 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. Ass. Off. Anal.*, 50 : 50-55.
- VARVIKKO T. and LINDBERG J.E., 1985 - Estimation of microbial nitrogen in nylon bag residues by feed ^{15}N dilution. *Br. J. Nutr.*, 54 : 473-481.
- VARVIKKO T. and VANHANTALO A., 1989 - Critical aspects in intestinal digestion estimates obtained by the mobile bag method. *J. Anim. Sci.*, 2 : 404-406.
- WATERS C.J., KITCHERSIDE M.A. and WEBSTER A.J.F., 1992 - Problem associated with estimating the digestibility of undegraded dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 39 : 279-291.
- WILSON A.D., 1977 - The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats. *Aust. J. Agric. Res.*, , 28 : 501-508.
- YANG W.Z., 1991 - Etude cinétique de la colonisation microbienne des aliments dans le rumen du mouton. Conséquences sur la compartimentation de la biomasse et sur sa dynamique de sortie du rumen dans le cas de différents types de rations. Thèse Doct. Univ. Blaise Pascal. N°307, 391 p.
- YANG W.Z. et PONCET C., 1991 - Mesure de la digestion de l'azote alimentaire dans les différentes parties du tube digestif du mouton par la technique des sachets nylon. Note Technique Unité de la Digestion. CRZV Theix INRA, France.

the first of these is the fact that the
the second is the fact that the

the third is the fact that the

the fourth is the fact that the

the fifth is the fact that the

the sixth is the fact that the

the seventh is the fact that the

the eighth is the fact that the

the ninth is the fact that the

the tenth is the fact that the

the eleventh is the fact that the

the twelfth is the fact that the

the thirteenth is the fact that the

the fourteenth is the fact that the

the fifteenth is the fact that the

CHAPITRE X

INGESTION ET DIGESTIBILITE IN VIVO DES FOURRAGES LIGNEUX

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Côte d'Ivoire	Jean KOUAO BROU ¹
Mali	Ibrahima KASSAMBARA ² , Anna Réjane KONE DEMBELE ³
Sénégal	Safietou TOURE FALL ⁴ , Dominique FRIOT ⁴ , Didier RICHARD ⁴ , Hubert GUERIN ⁸
Tchad	Mahamat Hiiéri BECHIR ⁵ , David MINAINGARR ⁵
et de	
Burkina Faso	Chantal ZOUNGRANA ⁶
et, pour l'exploitation des résultats, de	
France	Brigitte MICHALET-DOREAU ⁷ , Patrice LEFEVRE ⁸

¹ DRA-IDESSA - 01 BP 633 - Bouaké, Côte d'Ivoire

² SRZ de Niono - IER BP 12 - Nono, Mali

³ SRZ de Sotuba - IER - BP , Bamako, Mali

⁴ LNERV-ISRA - BP 2057 - Dakar, Sénégal

⁵ LRVZ Farcha - BP 433 - N'Djamena, Tchad

⁶ IDR - 03 BP 7021 - Ouagadougou, Burkina Faso

⁷ SRNH-CRZV de Theix - INRA - 63122 Ceyrat, France

⁸ CIRAD-EMVT - 10, rue Pierre Curie - 94704 Maisons Alfort Cedex, France

CCE.DGXII - ST2 - 1994. Ingestion et digestibilité *in vivo* des fourrages ligneux - Chapitre X *in*: Guerin (H.) éd. Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest. Commission des Communautés Européennes DG XII. Programme ST2.A/89/215.F Maisons Alfort, CIRAD-EMVT.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
1. MESURE DES QUANTITES VOLONTAIREMENT INGEREES	3
1.1. Ligneux distribués seuls	3
1.2. Ligneux associés à d'autres fourrages	3
2. MESURES DE DIGESTIBILITES <i>IN VIVO</i>	6
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	19
Annexe 1	21
Annexe 2	23

INTRODUCTION

Les mesures *in vivo* de la digestibilité produisent les résultats de référence auxquels sont comparés ceux obtenus par les méthodes de laboratoire. Elles sont aussi celles qui posent le plus de problèmes méthodologiques car les résultats sont très variables suivant les conditions de distribution des ligneux aux animaux.

De même, la mesure de l'ingestibilité qui est déjà très délicate avec des fourrages classiques pose des problèmes particuliers dans le cas des ligneux en raison de leur forte différenciation morphologique et parce qu'ils ne constituent que pour de rares espèces, de véritables fourrages aptes à constituer à eux seuls des rations. Le plus souvent, ils n'interviennent qu'en complément d'autres fourrages et leur consommation est très variable suivant leurs conditions d'utilisation. Cependant, des mesures d'ingestion ont été effectuées, d'une part pour évaluer l'aptitude de quelques espèces à être consommées et, d'autre part, parce que ces mesures faisaient partie des protocoles d'essais de digestibilité (ce chapitre) ou des essais d'alimentation (chapitre XI).

1. MESURE DES QUANTITES VOLONTAIREMENT INGEREES

1.1. Ligneux distribués seuls

La technique la plus simple consisterait à étudier les fourrages ligneux comme des fourrages herbacés verts ou conservés, c'est-à-dire comme seul élément des rations, *ad libitum* et conditionnés pour avoir une forme de présentation homogène : par exemple, feuilles fraîches ou sèches, détachées des rameaux, soit une forme comparable aux brins de 5 cm résultant du hachage de graminées (Demarquilly et Boisseau, 1976). Cette technique, si elle était généralisable, aurait l'avantage de fournir simultanément des résultats de digestibilité (§ 2) et d'ingestibilité. Elle a été appliquée à quelques espèces, notamment à celles qui sont traditionnellement récoltées et distribuées à des animaux à l'attache ou en stabulation. Quelques résultats ont été obtenus avec des feuilles sèches au Sénégal, au Mali et au Tchad.

Toutefois, il était connu par avance que le mode de présentation des ligneux influençait fortement leur niveau de consommation (figure X.1). Kouonmenioc (1990), avant le projet ST2/215, avait déjà choisi de distribuer des rameaux entiers présentés en bottes lors de ses essais d'alimentation sur moutons.

Kouao Brou (1993) en Côte d'Ivoire a comparé les consommations de quelques espèces présentées soit à l'état de feuilles fraîches, soit en rameaux verts suspendus à la portée des animaux pour permettre un véritable "brout".

La distribution de rameaux verts complique la mesure des quantités de fourrages distribuées et refusées car les feuilles et les tiges ont des teneurs en matière sèche différentes et parce que leurs dessiccations ne se font pas aux mêmes vitesses. Des techniques de mesures visant à contrôler ces paramètres ont été proposées (Meuret 1989, Kouonmenioc 1990, Guerin 1992, Kouao Brou 1993 - annexe 2).

Les résultats présentés au tableau X.1 permettent de classer quelques espèces suivant leur capacité à être consommées quand elles sont distribuées seules en condition d'offre et d'appétibilité maximale (branches feuillées fraîchement coupées). Ces résultats confirment également la baisse d'ingestibilité liée au conditionnement (effeuillage, séchage).

Toutefois, le Houerou (1987) a observé un effet inverse du séchage sur des feuillages acacias cultivés en zone méditerranéenne et distribués à des moutons.

Les espèces les mieux consommées le sont comme de l'herbe jeune, tandis que les moins appréciées sont moins bien ingérées que des pailles, quel que soit le mode de présentation.

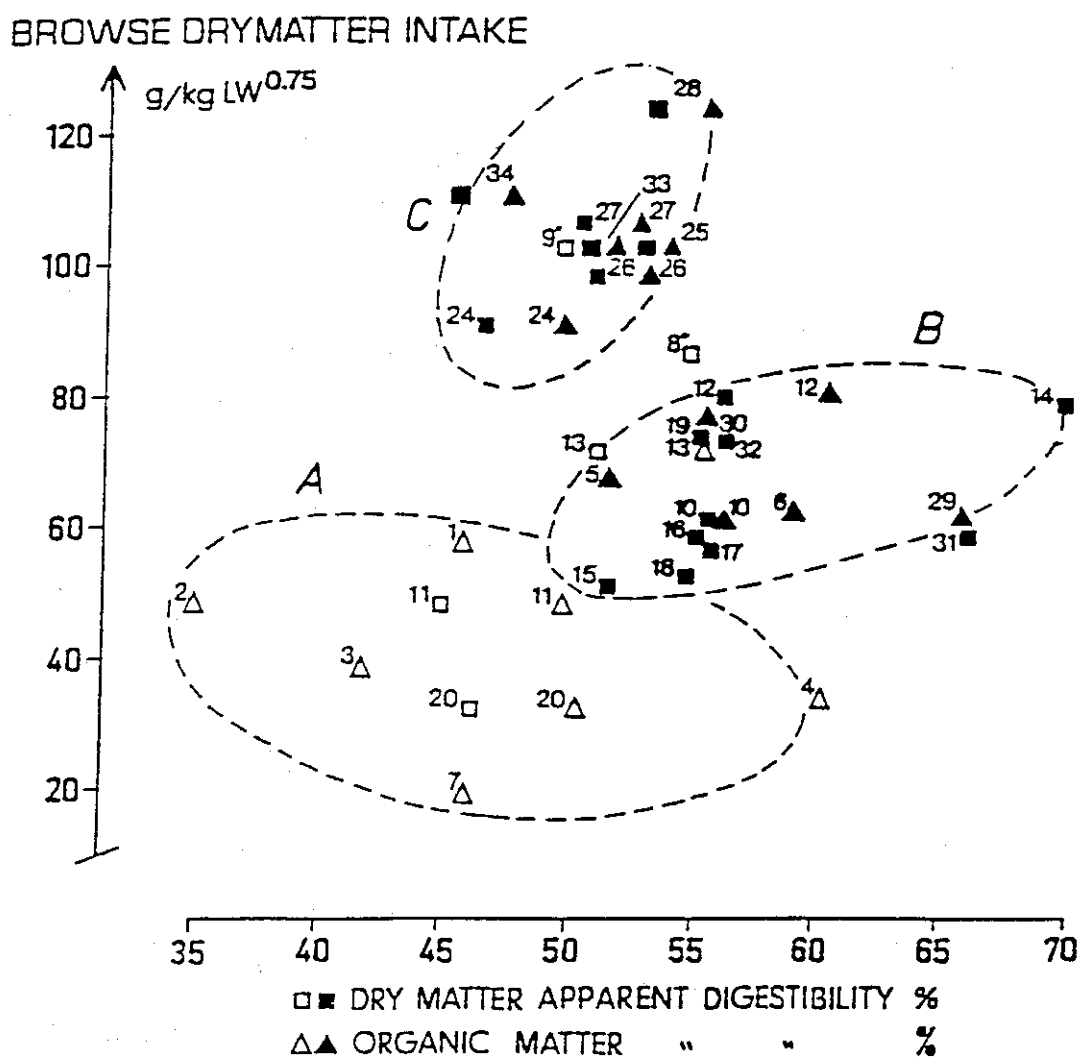
1.2. Ligneux associés à d'autres fourrages

Dans la plupart des essais exposés au tableau X.2, les feuilles de ligneux préséchées étaient associées à des fourrages pauvres.

Pour des taux de ligneux dans les rations de 20 à 50 p.100, la consommation de matière sèche totale était souvent de l'ordre de 60 à 80 g MS/kg P^{0.75}, alors que celle de la paille seule est habituellement voisine de 50 g MS/kg P^{0.75}.

Figure X.1 - Effet du conditionnement des fourrages ligneux sur les quantités consommées par des caprins (Meuret 1987)

- A : DRIED FORAGES
 B : FRESH BUT CHAFFED OR IN PILES
 C : FRESH AND ENTIRE TWIGS REGULARLY REPLACED



Remarque - Le Houerou (1987) remarque au contraire que le séchage des feuilles de certaines espèces d'acacia (*Acacia saligna*, par exemple) favorise l'ingestion.

Tableau X.1 - Quantités ingérées de fourrages ligneux distribués à volonté à des moutons, suivant les formes de présentation (g MS/kg p^{0.75})

	Rameaux ou Feuilles sèches	Feuilles vertes	Rameaux verts	Fruits	Auteur
LÉGUMINEUSES					
Mimosaceae					
Acacia linearoides	73			51	Guerin
Acacia nilotica	26				Richard
Faidherbia albida					Guerin
Parkia biglobosa		35			Kouao Brou
		52	47		Kouao Brou
Caesalpiniaceae					
Afzelia africana			87		Kouao Brou
Daniellia oliveri		57			Kouao Brou
		48	86		Kouao Brou
Piliostigma thonningii		33	21		Kouao Brou
			46		Kouao Brou
Fabaceae					
Pericopsis laxiflora		22	28		Kouao Brou
Pterocarpus erinaceus	60				Kone Dembele
Sesbania rostrata	40				Richard
AUTRES FAMILLES					
Mangifera indica	43				Richard
Spondias mombin	43				Kouao Brou
Guiera senegalensis	34				Toure Fall
Fluggea virosa		65			Kouao Brou
Khaya senegalensis	61				Kassambara
Antiaris africana			142		Kouao Brou
Ficus exasperata		60	88		Kouao Brou
Ficus gnaphalocarpa		83			Kone Dembele
			74		Kouao Brou
		57	66		Kouao Brou
Parinari curatellifolia		34			Kouao Brou
Securinega virosa		29	47		Kouao Brou

Cependant, certains fourrages ligneux préséchés n'ont été consommés qu'en faibles quantités et l'objectif de 20 ou 30 p.100 de ligneux dans les rations n'a parfois été atteint qu'en rationnant le fourrage pauvre dont on avait fait l'hypothèse que le ligneux stimulait la consommation... Ces résultats, quoique anecdotiques, ne sont pas sans intérêt : d'une part ils correspondent à la consommation de litière de feuilles sèches en période de soudure, d'autre part ils montrent la difficulté qu'il y a à étudier des rations stabilisées associant des fourrages ligneux à des fourrages herbacés.

Des espèces ligneuses cultivées de zone humide ont été associées à des graminées vertes dans des essais d'alimentation.

Les niveaux de consommation pouvaient alors être beaucoup plus élevés, par exemple, pour des rations associant *Pennisetum purpureum* vert à un ligneux (Kouonmenioc 1990) :

- 140 g MS/kg $P^{0.75}$ avec un régime comprenant 65 p.100 de *Gliricidia sepium*;
- 140 g MS/kg avec *Flemingia macrophylla* (pourcentage dans la ration de l'ordre de 50 p.100) ;
- 120 g MS/kg $P^{0.75}$ avec *Alchornea cordifolia* (48 p.100 de la ration) ;
- 110 g MS/kg $P^{0.75}$ avec *Leucaena leucocephala* en début d'essais mais 72 g après plusieurs semaines en raison de l'intoxication des moutons.

A l'inverse de ce qui a été constaté pour *Leucaena leucocephala*, Kouonmenioc (1990) a observé pour d'autres espèces une augmentation de l'ingestion en cours d'essai (d'une durée de deux mois) due à l'adaptation aux régimes : par exemple avec le régime *Alchornea cordifolia* + *Pennisetum purpureum* : 110 à 120 g pendant les semaines 1 à 3 et 130 à 140 g pendant les semaines 7 à 9.

Les mesures effectuées par Yo *et al.* (1993) lors d'essais d'alimentation, chapitre XI) situent l'ingestion de ration comprenant 30 à 60 p.100 de ligneux à des niveaux proches de 90 g MS/kg $P^{0.75}$ plus faibles que ceux constatés par Kouonmenioc (1990) et plus proches de ce qui est habituellement décrit dans la littérature.

2. MESURES DE DIGESTIBILITES *IN VIVO*

La mesure de la digestibilité de fourrages ligneux conditionnés (effeuillés et séchés) distribués seuls (§ 1.1) a été appliquée à quelques espèces mais elle a des inconvénients :

- la distribution de feuilles arrachées aux rameaux et desséchées diminue les possibilités de tri par rapport aux feuillages à l'état naturel et la dessiccation peut modifier la digestibilité des fibres et de l'azote;
- la distribution du ligneux seul a pour objectif de déterminer directement la digestibilité sans avoir à tenir compte de la digestibilité d'autres constituants et d'éventuelles interactions digestives. Certes, la mesure de la digestibilité est ainsi plus simple et plus précise mais, premièrement la concentration en facteurs antinutritionnels est alors maximale, puisque non diluée par un autre aliment ; en conséquence, même si l'ingestion n'est pas affectée, la

digestibilité peut être abaissée en dessous de son potentiel ; deuxièmement, la consommation de ligneux seul ne correspond pas à une pratique habituelle sur parcours ou en stabulation. Les ligneux sont plus souvent employés comme compléments azotés des fourrages pauvres ; il est donc nécessaire de déterminer leur valeur dans ces conditions d'utilisation.

C'est en zone soudano-sahélienne à longue saison sèche que des essais ont été réalisés pour évaluer les ligneux "compléments valorisateurs des fourrages pauvres" (Meuret et Guerin, 1992). Quelques essais ont ainsi été conduits en associant des pailles de graminées à des ligneux.

Toutefois, la disponibilité de l'azote des ligneux n'étant pas connue a priori, une source d'azote fermentescible (tourteau d'arachide ou de coton) a systématiquement été distribuée en quantité modérée (en général suivant la recommandation de 5 à 10 p.100 des rations, parfois plus) pour assurer la couverture des besoins azotés de la flore microbienne¹ et donc pour optimiser son activité cellulolytique. Dans certains essais, les ligneux ont été associés à de la fane d'arachide (Sénégal) ; les problèmes de complémentarité azotée ne se posaient alors pas.

Il est connu que la digestibilité varie avec les quantités ingérées et le niveau d'alimentation, il est donc recommandé de conduire les essais en rationnant les animaux à un niveau proche de l'entretien. Compte tenu de la faible digestibilité des rations, un objectif de 50 g de MS ingérée par kg $P^{0.75}$ a été fixé² (Michalet-Doreau et Demarquilly *in* IEMVT-ISRA 1990 - annexe 1).

Le rationnement avait aussi pour objectif de faciliter le contrôle des pourcentages des divers constituants des rations (fourrage pauvre, ligneux, tourteau) et ainsi de limiter leurs variations entre animaux et d'un jour à l'autre.

Les rations pures ou contenant de fortes proportions de ligneux, compte tenu de leurs teneurs en parois difficilement ou non digestibles et de leurs richesses fréquentes en facteurs antinutritionnels, ne permettent pas de mesurer la digestibilité potentielle des ligneux : d'ailleurs, les données bibliographiques rapportées par Touré Fall (1993) montrent que, le plus souvent, la digestibilité des rations augmente linéairement quand le pourcentage de ligneux s'abaisse jusqu'à 40 p.100.

Pour des taux d'incorporation élevés, la digestibilité des ligneux devrait donc pouvoir être calculée en appliquant une méthode par différence, peu précise, ou de préférence par régression (encadré 1) en faisant varier le taux de ligneux mais en veillant bien à ce que les autres constituants des rations (fourrage pauvre et tourteau) soient en proportions relatives constantes. Les résultats de digestibilité obtenus avec des taux d'incorporation élevés correspondraient donc à des valeurs minimales.

¹ Suivant les auteurs la teneur en azote ammoniacal du jus de rumen en deça de laquelle l'activité microbienne est ralentie est comprise entre 5 et 10 mg/100 ml.

² Au lieu de 45 g/kg $P^{0.75}$ pour les rations de fourrages de zone tempérée.

Encadré 1 - Calculs par différence et par régression de la digestibilité des ligneux incorporés à des rations (in Safietou Touré Fall 1993)

La digestibilité de la ration totale a été évaluée par la relation classique: (Ingéré - Fécès) / Ingéré

A partir de la digestibilité de la ration deux méthodes ont été utilisées pour calculer la digestibilité du fourrage ligneux seul, par différence ou par régression.

Méthode par différence:

Elle suppose l'additivité des composants de la ration ; ce qui se traduit par la relation suivante:

$$\text{CUD total} = \text{CUD1.x1} + \text{CUD2.x2} + \dots + \text{CUDi.xi}$$

Si le ligneux est l'aliment 1, sa digestibilité est obtenue par différence par la relation suivante:

$$\text{CUD1} = (\text{CUD total} - \text{CUD2.x2} - \dots - \text{CUDi.xi}) / \text{x1}$$

les xi étant les pourcentages des différents nutriments apportés par chaque composant de la ration et les CUDi leur digestibilité. Cette méthode nécessite la connaissance de la digestibilité de la ration mais aussi celle de chacun des éléments constitutifs de la ration autre que les ligneux.

Méthode par régression:

Le ligneux est incorporé dans la ration à des taux croissants: 0 à 85 p100. La digestibilité du ligneux est estimée par extrapolation à 100 de la courbe décrivant l'évolution de la digestibilité de la ration totale en fonction du taux de ligneux (figure 2-5)

Les différences de digestibilité de la ration peuvent ne pas être proportionnelles au taux de ligneux dans ces rations. Il nous a donc paru nécessaire de calculer parallèlement la digestibilité des ligneux par régression en établissant une équation reliant la digestibilité de la ration (DMS_R) au taux de ligneux (L) selon le modèle général:

$$\text{DMS}_R = a + bL + cL^2 + dL^3$$

Cette démarche a un triple objectif:

- * déceler l'existence d'éventuelles interactions digestives en testant la signification du terme quadratique de l'équation (test de curvilinéarité).

- * calculer la digestibilité théorique du ligneux en extrapolant à 100 p100 l'équation linéaire ou curvilinéaire selon qu'il y ait interaction digestive ou non.

- * définir le taux de valorisation maximale du ligneux correspondant à l'abscisse de l'optimum de la courbe dans le cas d'une régression quadratique, abscisse obtenue à partir de la dérivée première de la régression.

Touré Fall et Michalet-Doreau (1993) ont aussi examiné pour quelques espèces les variations de digestibilité quand le **taux d'incorporation des ligneux** était inférieur à 40 p.100. En effectuant 3 ou 4 essais par espèce ligneuse, elles ont montré que la digestibilité des rations passait par un optimum traduisant les variations d'interactions digestives en fonction du taux d'incorporation des ligneux (figure X.2). Cet optimum correspond aussi à la **digestibilité potentielle** du ligneux qui peut, pour ce niveau d'incorporation, être calculée par différence. En conclusion, elles recommandent d'étudier pour chaque espèce plusieurs régimes avec des taux d'incorporation faibles (de l'ordre de 10 p.100) à moyens (jusqu'à 40 p.100) afin de bien déterminer le taux optimal et la digestibilité potentielle que l'on considérerait comme référence.

Finalement, les données bibliographiques, les résultats de Fall et Michalet-Doreau et le taux moyen d'utilisation des ligneux sur parcours plaident pour l'étude de rations contenant 15 à 30 p.100 de ligneux dont on déduirait la digestibilité des ligneux. Toutefois, compte tenu de l'imprécision des digestibilités calculées par différence pour ces taux (figure X.3 - Sauvart et Giger, 1983), il est préférable d'effectuer des essais à plusieurs niveaux d'incorporation et de faire une estimation de la digestibilité du ligneux par régression, linéaire ou non, comme pour les aliments concentrés.

Au total, les mesures de digestibilité *in vivo* ont été effectuées dans des conditions assez différentes, soit par :

- le pourcentage de ligneux ;
- leur mode de présentation ;
- la nature de la ration de base et sa teneur en azote.

On peut le regretter, car cette diversité limite les possibilités de comparaison entre espèces qui doivent être, au minimum, validées par les mesures de laboratoire. A l'issue du programme c'est d'ailleurs principalement d'après les données de laboratoire que des hiérarchies des fourrages ligneux disponibles dans telle ou telle région peuvent être établies.

On peut aussi conclure que les résultats acquis (tableau X.2) ne permettent pas de donner des valeurs nutritives applicables à chaque condition d'utilisation des ligneux.

Toutefois, ces résultats *in vivo*, *in sacco* et de laboratoire confrontés entre eux permettront pour de nombreuses espèces de prévoir des **valeurs énergétiques et azotées minimales ou potentielles** et de constituer des classes de qualité. Ils permettent aussi de définir les mesures complémentaires à effectuer *in vivo* pour une connaissance plus complète des espèces importantes.

Figure X.2 - Evolution de la digestibilité des rations en fonction du taux de ligneux (Safietou Touré Fall 1993)

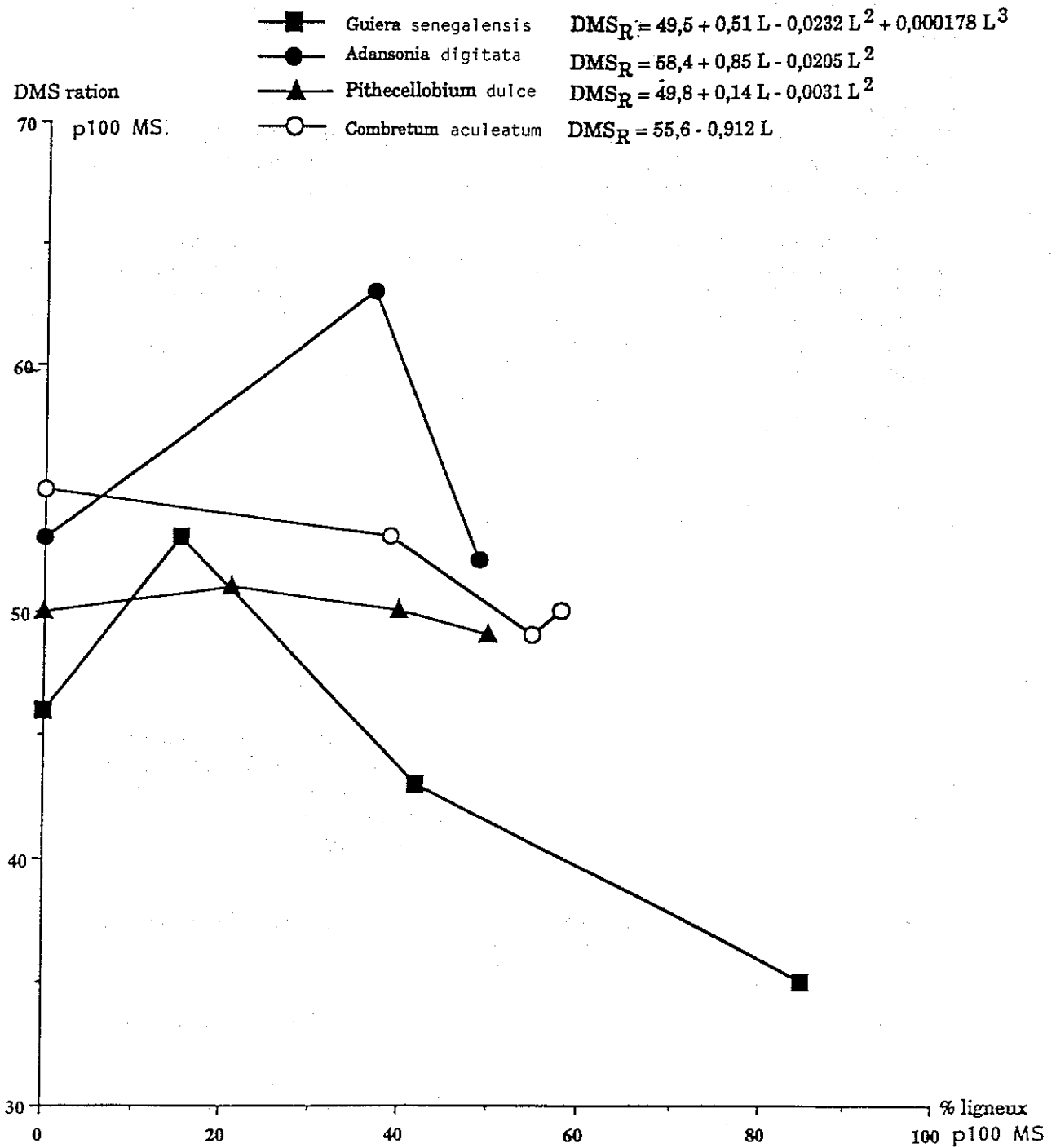
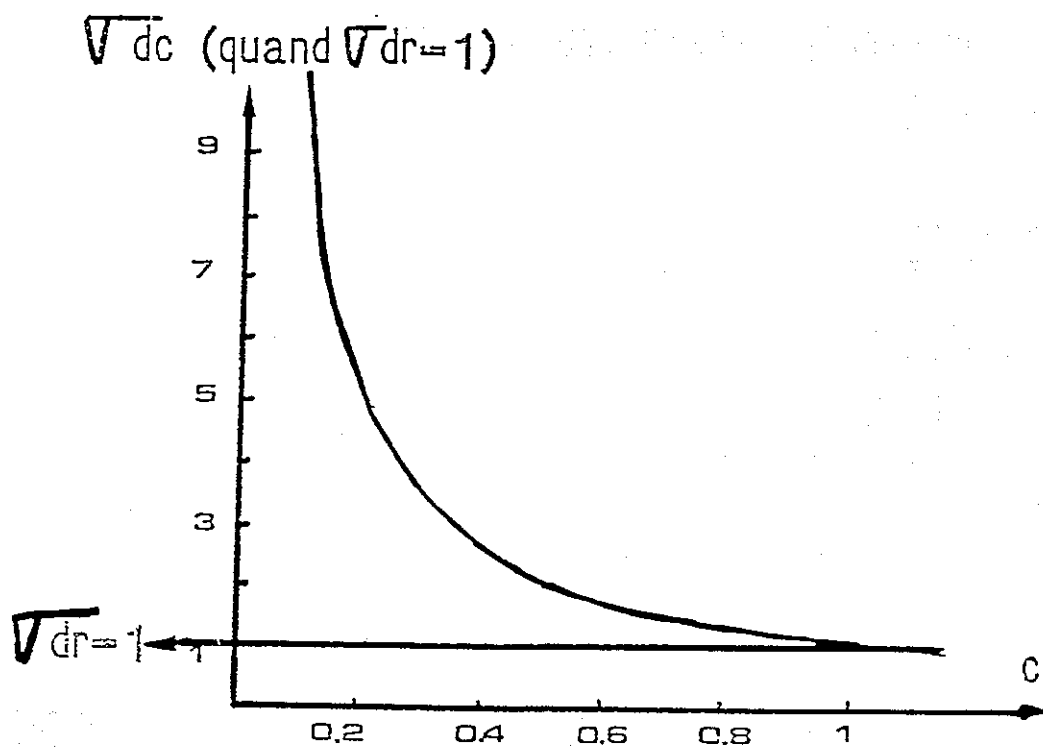


Figure X.3 - Incertitude de la détermination du coefficient de digestibilité par la méthode des différences (d'après Sauvant et Giger 1989, in Safietou Touré Fall 1993)



V_{dr} : Incertitude sur la mesure de la digestibilité de la ration

2

V_{dc} : Incertitude sur la mesure de la digestibilité du ligneux

C : Proportion de ligneux dans la ration

DIGESTIBILITE IN VIVO

OBJECTIFS

- VALEUR RATIONS PAUVRES COMPLEMENTEES
- VALEUR LIGNEUX ---> TABLES.

FACTEURS DE VARIATIONS

- FOURRAGE ASSOCIE
 - . FOURRAGE PAUVRE
 - . GRAMINEE VERTE
 - PROPOSITION FOURRAGE ASSOCIE/LIGNEUX
(20 à 100 % DE LIGNEUX)
 - TENEUR EN AZOTE FERMENTESCIBLE DE LA RATION = COMPLEMENTATION
 - MODE DE PRESENTATION LIGNEUX
 - ETAT LIGNEUX = FRAIS - SEC
 - AD LIBITUM OU RATIONNE
 - LIGNEUX
 - FOURRAGE DE BASE
-

Tableau X.2 - Résultats des mesures de digestibilité *in vivo* sur moutons de rations comportant des fourrages ligneux
(Projet CCE.DG XII - ST2/215)

Quelle que soit la ration étudiée, les mesures ont été effectuées selon la méthode décrite dans le document IEMVT/ISRA (1990).
Mesure *in vivo* de la digestibilité et des quantités ingérées par des moutons, inspiré de la méthode proposée par Demarquilly
et Busseau (1978).
Les calculs ont été exécutés à l'aide du logiciel ABT élaboré par Friot et Lefèvre (1991)

LEGUMINEUSES	N° Ech.	Organes Présentation	Taux dans ration	Refus p.100	MSVI g/kg P ⁰ .75		DMS %	DMO %	DMA %	DMS %	DMO %	DMA %	Pays	N° Essai	Auteur
					R	L										Ration		Ligneux
LEGUMINEUSES - MIMOSACEAE															
Acacia ataxacantha	647 648	Feuilles sèches " vertes	48 22	Inconnu "	64 42	31 9	59 32	65 41	46 -21		75 2	51 -54	Sénégal "	421 421b	Guerin, Friot " , "
Acacia linearoides	530 531 532	Feuilles sèches " " " "	100 100 84	17 11 Inconnu		72 73 79				33 37	35 38	8 17	Sénégal "	309 312 317	Guerin, Friot " , " " , "
Acacia macrostachya		Feuilles " Gousses	? ? ?		? ? ?	? ? ?				38 14 44	39 17 47	? ? ?	Burkina-Faso " "		Zoungrana " "
Acacia nilotica	722 713 718 1977	Feuilles sèches " " " " Gousses "	100 17 16 36	39 Rationné " 1	56 57 56 66	9 10 9 24	48 45 50 51	52 49 53 58	35 39 47 48	52 35 64	67 46 73 61	10 22 52 28	Sénégal " " "	442 438 440 4	Richard " " Béchir
Acacia seyal	2813	Feuilles sèches	36	ad lib.	71	25	51	57	39		57	18	Tchad	5	Béchir
Acacia sieberiana	2840	Gousses sèches	48	20	73	35	51	55	39		53	17	Tchad	8	Béchir
Acacia raddiana	715 1783	Feuilles sèches Gousses sèches " "	16 52 50	Rationné ad lib. "	56 89 84	9 46 42	48 57 56	52 59 57	35 66 61	52 60 58	67 61 60	10 59 48	Sénégal " "	439 DAHRA 16 DAHRA 17	Richard Touré Fall "
Albizzia lebbek	3627 3637	Feuilles sèches " "	51 50	0 1	56 56	28 28	48 49	56 56	69 65	42 44	52 53	73 61	Sénégal "	DK45 DK46	Touré Fall "
Paidherbia albidia	2621 862 863 437 2859 3667 864 3649 3679 2622	Feuilles sèches " " " " Gousses sèches " " " " " " " " " " " " " "	55 61 60 60 60 100 81 69 62 52 50 30 29	ad lib. " " " " 26 9 5 ad lib. " " " "	69 51 97 54 57 52 54 111	38 51 79 38 27 26 16 33	40 43 49 49 54 51 48 50 57 55 53 52 53	44 48 54 54 56 55 51 53 60 57 57 57 57	31 32 31 46 39 36 30 44 57 57	40 51 41 48 41 44 49 48 54	30 46 57 47 51 50 49 50 57	-4 31 25 29 37 34 19 18 35 48	Sénégal Burkina-Faso " " " " Sénégal Tchad Sénégal Burkina-Faso Sénégal " "	498b 7 6 8 9 10 229 10 DK48 11 408 DK47 DK50 499	Touré Fall Zoungrana " " " " Guerin Touré Fall Zoungrana Guerin Touré Fall " "
Leucaena leucocephala	435	Rameaux verts	100	47		80			65		68	65	Sénégal	218	Guerin
Parkia biglobosa	2346	Feuilles vertes	100	59		35				29	32	-23	Côte d'Ivoire	43	Kouao Brou

Tableau X.2 - (suite 1)

	N° Ech.	Organes Présentation	Taux dans ration	Refus p.100	MSVI g/kg P*0,75		DMS %	DMO %	DMA %	DMS %	DMO %	DMA %	Pays	N° Essai	Auteur	
					R	L										Ration		Ligneux
LEGUMINEUSES - MIMOSACEAE (Suite)																
Pithecellobium dulce	3690	Feuilles sèches	50	1	49	25	49	55	66	47	53	66	Sénégal	DK36	Touré Fall	
	2784	" vertes	58	0	63	36	54	60	67	56	61	67	"	DK38	"	
	2795	" sèches	57	0	51	29	51	56	62	50	54	60	"	DK39	"	
	3616	" "	40	0	54	22	50	57	66	44	55	67	"	DK42	"	
	3605	" "	21	0	50	11	51	59	64	51	55	58	"	DK41	"	
Prosopis sp.	709 711	Feuilles " sèches	39 17	Rationné	58	10	48	48	42	47	49	45	Sénégal "	434 435	Richard "	
Samanea saman		Gousses sèches	31	ad lib.	73	22	61	ND	ND	ND	ND	ND	Sénégal	DK43	Touré Fall	
LEGUMINEUSES - CAEALPINIACEAE																
Afzella africana	3271	Rameaux verte	100	12		87					64	66	80	Côte d'Ivoire	31	Kouao Brou
Bauhinia rufescens		Feuilles "									47 47	51 48		Burkina-Faso "		Zoungrana "
	2835 2700	Gousses sèches " "	52 18	20 42	79 77	41 14	45 51	49 52	29 56		48 51	5 7	Tchad Sénégal	7 DAHRA 14	Béchir Touré Fall	
Cassia tora	2817	Gousses sèches	33	31	66	22	53	59	51		64	42	Tchad	6	Béchir	
Daniellia oliveri	2330	Feuilles vertes	100	10		57				24	26	1	Côte d'Ivoire	22	Kouao Brou	
Piliostigma reticulatum	632	Feuilles sèches	49	Inconnu	58	28	41	47	2		40	-5	Sénégal	413	Guerin, Priot	
Piliostigma thonningii	2342	Rameaux verts	100	ad lib.		46				47	51	33	Côte d'Ivoire	12	Kouao brou	
	631	Feuilles sèches	40	Inconnu	47	19	40	47	-11		37	-30	Sénégal	411	Guerin, Priot	
LEGUMINEUSES - FABACEAE																
Flemingia macrophylla													Cameroun		Kouonmenioc	
Gliricidia sepium	2711	Feuilles sèches	43	3	71	30	53	55	66	54	50	73	Cameroun Sénégal	DK30	Kouonmenioc	
Pericopsis laxiflora	2334		100										Côte d'Ivoire		Kouao brou	
Pterocarpus erinaceus		Feuilles sèches	100	19		60				47			Mali (Sotuba)	4	Kone Dembele	
Pterocarpus lucens	3440	Feuilles sèches	39	ad lib.	52	21	41	46	9		34	5	Mali (Niono)	9	Kassambara	
	3424	" "	40	Rationné	54	22	47	52	41		46	13	Mali (Niono)	6	Kassambara	
	3433	" "	33	ad lib.	61	21	44	49	28		35	-15	Mali (Niono)	8	Kassambara	
Sesbania rostrata	699-701	Rameaux secs	100	56		39				53	56	77	Sénégal	429	Richard	
	702-703	" "	100	41		38				51	53	74	Sénégal	430	Richard	
	705-706	" "	100	31		43				46			Sénégal	432	Richard	
Tephrosia vogelii													Cameroun		Kouonmenioc	

Tableau X.2 - (suite 2)

	N° Ech.	Organe Présentation	Taux dans ration	Refus p.100	MSVI g/kg P ⁰ 0.75		DMS %	DMO %	DMA %	DMS %	DMO %	DMA %	Pays	N° Essai	Auteur
					R	L	Ration			Ligneux					
AUTRES FAMILLES - ANACARDIACEAE															
Ozoroa insignis	650	Feuilles sèches	30	Inconnu	49	15	40	45	-12		28	-35	Sénégal	425	Guerin, Priot
Mangifera indica	1601	Feuilles sèches	100	11		43				42	46	16	Sénégal	498	Richard
Spondias mombin	2356	Feuilles sèches	100	13		43				33	88	5	Côte d'Ivoire	6	Kouao brou
AUTRES FAMILLES - ASCLEPIADACEAE															
Calotropis procera	2719 2705	Feuilles sèches	17	Rationné	81	13	56						Sénégal	DAHRA 1	Touré Fall
		" "	11	Rationné	65	7	51		66				"	DAHRA 2	"
		" "	8	"	76	6	52	ND	63	80	ND	50	"	DAHRA 3	"
		" "	12	0	71	8	48	50	66	26	34	62	"	DAHRA 9	"
		" "	19	14	78	15	51	52	64	49	51	46	"	DAHRA 10	"
		" "	16	0	73	11	51	54	67	55	64	66	"	DAHRA 22	"
		Fleurs	43	25	73	31	63							Tchad	9	Béchir
AUTRES FAMILLES - BALANITACEAE															
Balanites aegyptiaca	2772	Feuilles sèches	50	5	47	24	55	60	65		64	69	Sénégal	DK35	Touré Fall
AUTRES FAMILLES - BOMBACACEAE															
Adansonia digitata	2707	Feuilles sèches	49	0	81	40	52	ND	ND	52	ND	ND	Sénégal	DK27	Touré Fall
	2706	" "	37	1	77	29	63	66	68	74	69	37	"	DK26	"
AUTRES FAMILLES - CAPPARIDACEAE															
Boscia senegalensis	1785	Feuilles sèches	10	Rationné	77	8	50	52	62	51	56	33	Sénégal	DAHRA 12	Touré Fall
	2708	" "	5	69	64	3	53	ND	ND	93	ND	ND	"	DK28	"
	1786	" "	3	90	67	2	47	49	63	-96	-76	32	"	DAHRA 13	"
AUTRES FAMILLES - COMBRETACEAE															
Combretum aculeatum	2749	Feuilles sèches	58	53	49	28	50	54	61	37	47	13	Sénégal	DK33	Touré Fall
	2739	" "	55	43	51	28	50	49	54	38	34	14	"	DK32	"
	2760	" "	50	13	41	21	47	53	36	44	49	14	"	DK34	"
	2733	" "	39	46	76	28	53	56	57	43	53	30	"	DK31	"
Combretum nigricans	633	Feuilles sèches	20	68	40	8	46	53	16		51	10	Sénégal	414	Guerin, Priot
Combretum glutinosum		Feuilles sèches													

Tableau X.2 - (suite 3)

LEGUMINEUSES	N° Ech.	Organes Présentation	Taux dans ration	Refus dans p.100	MSVI g/kg P°0.75		DMS %	DMO %	DMA %	DMS %	DMO %	DMA %	Pays	N° Essai	Auteur
					R	L										Ration		Ligneux
AUTRES FAMILLES - COMBRETACEAE (Suite)															
Guiera senegalensis	2703	Feuilles sèches	100	49		34				10	-72	-229	Sénégal	DAHRA 19	Touré Fall
	2704	" "	86	20	62	53	35	38	27	27	30	-31	"	DAHRA 20	"
	2702	" "	42	31	72	31	43	46	44	30	34	-12	"	DAHRA 18	"
	535	" "	22	Rationné	65	14	54	60	34		77	47	"	322	Guerin, Priot
	2696	" "	16	"	72	11	47	47	54	30	29	- 8	"	DAHRA 5	Touré Fall
	2698	" "	15	"	75	11	48	49	55	37	42	2	"	DAHRA 7	"
	2697	" "	8	"	72	6	52	54	65	86	95	134	"	DAHRA 6	"
	2695	" "	8	"	71	6	46	47	54	10	12	-60	"	DAHRA 4	"
	1784	" "	15	3	84	13	53	55	51	65	78	-56	"	DAHRA 23	"
AUTRES FAMILLES - EUPHORBIACEAE															
Alchornea cordifolia													Cameroun		Kouonmenloc
Pluggea virosa	2338	Feuilles vertes	100	40		65				66	67	72	Côte d'Ivoire	21	Kouao Brou
AUTRES FAMILLES - MELIACEAE															
Azadirachta indica	2710	Feuilles sèches	17	63	61	10	52	55	68		34	74	Sénégal	DK29	Touré Fall
Khaya senegalensis	3480	Feuilles sèches	100	27		61				50	53	27	Mali (Niono)	15	Kassambara
		" vertes	39	8		49							"	16	"
		" "	32	15-24									"	17-18	"
AUTRES FAMILLES - MORACEAE															
Antiaris africana	3273	Rameaux verts	100	5		142				74	76	78	Côte d'Ivoire	3	Kouao Brou
Ficus gnaphalocarpa	1343	Rameaux verts	100	25		74				43	50	25	Côte d'Ivoire	8	Kouao Brou
	1585	Feuilles vertes	100	19		83				37	53	15	Mali (Sotuba)	3	Kone Dembele
	1587	" "	40	ad lib.	51	20	43	56	42		54	4	"	5	" "
AUTRES FAMILLES - MYRSINACEAE															
Maesa lanceolata													Cameroun		Kouonmenloc
AUTRES FAMILLES - RHAMNACEAE															
Ziziphus mauritiana	2599	Feuilles sèches	69	ad lib.	59	41	44	50	25		46	10	Mali (Niono)	3	Kassambara
	2590	" "	38	ad lib.	49	19	41	48	24		35	-8	"	2	"
	3448	" "	38	ad lib.			44	49	18				"	11	"
	876	" "	60							54	57		Burkina-Faso		Zoungrana
	877	" "	60							48	52		"		"
	878	" "	60							53	55		"		"
	879	" "	60							54	58		"		"
	880	" "	60							54	56		"		"
	881	" "	60							57	62		"		"
	882	" "	60							53	57		"		"
	883	" "	60							47	50		"		"

Tableau X.2 - (suite 4 et fin)

LEGUMINEUSES	N° Ech.	Organes Présentation	Taux dans ration	Refus p.100	MSVI g/kg P ^{0,75}		DMS %	DMO %	DMA %	DMS %	DMO %	DMA %	Pays	N° Essai	Auteur
					R	L	Ration			Ligneux					
AUTRES FAMILLES - ROSACEAE															
Parinari curatellifolia	2360	Feuilles vertes	100	56		34				25	32	12	Côte d'Ivoire	58	Kouao Brou
AUTRES FAMILLES - SALVADORACEAE															
Salvadora persica	1949	Feuilles sèches	1	94	49	1	50	59	45				Tchad	3	Béchir

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DEMARQUILLY C., BOISSEAU J.M., 1976 - Méthode de mesures de la valeur alimentaire des fourrages. Laboratoire des aliments, CRZV-INRA, Theix, 6 p. + fig.
- FRIOT D., LEFEVRE P., 1991 - Programme de calcul de quantités ingérées, d'excrétions fécales, de digestibilité *in vivo*, de valeur nutritive. Programme ABT-IEMVT Maisons Alfort (logiciel). Dakar, ISRA.
- IEMVT/ISRA, 1990 - Mesure *in vivo* de la digestibilité et des quantités ingérées par des moutons. Document collectif - Programme ABT, 8 p. + annexes.
- KOUAO BROU J., 1993 - Digestibilité *in vivo* et valeur nutritive de quelques ligneux fourragers consommés par les petits ruminants en Côte d'Ivoire. Rapport final projet ST2/215 - IDESSA-DRA Bouaké, 30 p. (voir résumé en annexe 2).
- KOUONMENIOC J., 1990 - Les ligneux fourragers au Cameroun : productivité et intérêt pour la production animale en région guinéenne. Thèse de doctorat. Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay. 192 p.
- LE HOUEIROU H.N., 1987 - Consommation volontaire de ligneux fourragers et performances animales chez le mouton Barbarin. Sub-network on Mediterranean Pastures. Montpellier - 13/17 octobre 1987. FAO - European Coopération network on pasture and fodder crop production. Bull. n°5 : 91-95.
- MEURET M., 1989 - Feuillages, fourrages et flux ingérés. Fac. Sci. Agron. de Gembloux. INRA. Dép. SAD-Unité d'Ecodéveloppement, Avignon. 229 p.
- MEURET M., GUERIN H., 1991 - Choix, qualité et quantité de la végétation ingérée par l'animal au pâturage. IV Congrès International des Terres de Parcours, 22-26 avril 1991, Montpellier, France : 1125-1127.
- TOURE FALL Safietou, 1993 - Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse de Doctorat en Zootechnie - option Nutrition. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 144 p.
- YO T., 1993 - Rapport final - Projet ST2/215. Document de travail : 8 p.

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

THE HISTORY OF THE

STATION DE RECHERCHES
SUR LA NUTRITION DES HERBIVORES

UNITE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE
C.R.Z.V. DE THEIX
63122 - CEYRAT

NOTE SUR LES ESSAIS DE DIGESTIBILITE
IN VIVO DES FOURRAGES LIGNEUX :

" précautions à prendre pour une mesure correcte des teneurs
en matières azotées non digestibles ".

par Brigitte MICHALET-DOREAU et C. DEMARQUILLY

STATION DE RECHERCHES SUR LA NUTRITION DES HERBIVORES
UNITE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE

Pour avoir une teneur en MAND qui ait une signification et reflète un éventuel problème d'indigestibilité de l'azote dans l'intestin, il est nécessaire de respecter quelques règles concernant la méthode de mesure de la digestibilité de l'azote :

1°) - Les ligneux ne pouvant pas toujours être distribués seuls, les associer à un autre fourrage, type fane d'arachide (à 11 % de MAT environ) de préférence à la paille de riz trop fortement carencée. Si la paille de riz est retenue, elle doit être associée à du tourteau d'arachide ou de l'urée pour que l'apport d'azote fermentescible soit suffisant (Cf. 6°).

2°) - Avoir un pourcentage maximum de ligneux dans la ration, mais celle-ci doit être distribuée en quantité limitée (1) : en principe 45 g. de matière sèche par kg p0,75 ; cependant, comme un tel apport risque d'être insuffisant pour couvrir les besoins d'entretien (dMO parfois inférieure à 50 p.100, besoin en MODI pour l'entretien : 23 g/kg p0,75), il semble préférable de maintenir les quantités ingérées à 50 g/kg p0,75.

3°) - Le lot de fourrage complémentaire doit être homogène et suffisamment important pour passer en digestibilité tous les ligneux à étudier au sein d'un même lieu d'étude.

4°) - Le fourrage complémentaire doit impérativement passer seul en digestibilité et en quantité limitée dans les mêmes conditions que le mélange.

(1) ce qui n'a pas été le cas dans l'essai rapporté
à l'annexe 1

5°) - Si possible, 6 animaux par essai.

6°) - Dès que le pourcentage de chacun des composants de la ration ingérée est connu, vérifier que la teneur en N fermentescible est suffisante, en particulier pour les ligneux réputés peu digestibles (<---> peu dégradables) quand ils représentent une part importante de la ration. Ajouter de l'urée ou du tourteau dans le cas contraire. La règle est de couvrir les besoins en azote fermentescible de la flore du rumen, besoins déterminés par la quantité de matière organique fermentescible (MOF = matière organique digestible - matière azotées non dégradables mesurées en sachet ou estimées par voie enzymatique - matières grasses) : la population microbienne fabrique en moyenne 145 g de protéines par kg de MOF, il faut donc apporter environ 150 g (en arrondissant) de matières azotées fermentescibles par kg de MOF.

Remarque: Le problème pour l'application de ces recommandations, est d'estimer a priori les ordres de grandeur de la digestibilité de la matière organique et de la dégradabilité de l'azote.

On peut pour cela, procéder à des mesures de dégradabilité enzymatique par la pepsine cellulase et la pronase, et appliquer des équations générales de prévision de la dMO (Aufrère et Demarquilly, 1989) et de la dégradabilité théorique (DT) (Aufrère et al, 1989).

-AUFRERE J., DEMARQUILLY C., 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods - Proc.

XVI Int. grassland congress, Nice, France : 877-878.

-AUFRERE J., GRAVION D., DEMARQUILLY C., VERITE R., MICHALET-DOREAU B., CHAPOUTOT P., 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée - INRA Prod. Anim., 2 (4) : 249-254.

ETUDE DE LA DIGESTIBILITE *IN VIVO* ET DE L'INGESTIBILITE
DE QUELQUES LIGNEUX FOURRAGERS DE COTE D'IVOIRE
Résumé par Tiemoko Yo d'après Kouao Brou (1993)

INTRODUCTION

objectifs:

L'objectif de cette étude est de déterminer la composition chimique, la digestibilité et la valeur nutritive de quelques arbres et arbustes utilisés pour l'affouragement du bétail en Côte d'Ivoire. L'étude a porté principalement sur la détermination de la valeur alimentaire des feuilles qui constituent la principale partie de la plante consommée par les animaux au pâturage.

L'étude de digestibilité et ingestibilité a porté sur les 12 espèces ligneuses:

légumineuses

Afzelia africana	(Cesalpiniaceae)
Daniellia oliveri	(Cesalpiniaceae)
Piliostigma thonningii	(Cesalpiniaceae)
Parkia biglobosa	(Mimosaceae)
Morinda lucida	(Fabaceae)
Pericopsis laxiflora	(Fabaceae)

autres espèces

Antiaris africana	(Moraceae)
Ficus exasperata	(Moraceae)
Ficus sycomorus	(Moraceae)
Parinari curatellifolia	(Rosaceae)
Fluggea virosa	(Euphorbiaceae)
Spondias mombin	(Anacardiaceae)

1. Matériel et méthodes

Les essais ont été conduits avec des ovins mâles de race Djallonké pesant en moyenne 20 à 30 kg. La mesure de digestibilité des 12 espèces ligneuses a été effectuée entre Mai 1990 et Mai 1993 à la station Elevage du Département des Ressources Animales de l'IDESSA.

Cinq animaux ont été utilisés pour chaque essai de digestibilité et/ou d'ingestibilité. Deux modes de stabulation ont été utilisés:

- les animaux ayant servi à déterminer la digestibilité de *Ficus exasperata* et *Morinda lucida* étaient confinés dans des cages de digestibilité classiques et recevaient leur ration sous forme de feuilles fraîches détachées des branches. Par la suite, un essai comparatif d'ingestibilité (*Ficus exasperata*) a été effectué sur des animaux en cage recevant des feuilles détachées ou en stabulation libre recevant des bottes de branchages suspendues. Cette expérimentation a montré que les animaux en stabulation libre consomment environ 35% plus de feuilles que ceux en cage de digestibilité ($88 \pm 1,3\text{g/kg P}^{0,75}$ pour la stabulation libre contre $60 \pm 2,3\text{g}$ pour les cages).

- pour le reste des mesures de digestibilité (10 espèces) et l'ensemble des mesures d'ingestibilité, (12 espèces), les animaux étaient maintenus en stabulation libre dans des boxes individuels et recevaient leur ration sous forme de bottes suspendues, pour simuler la situation en milieu naturel.

* mesure de la digestibilité en cage

Une période d'adaptation de 2 semaines a été observée avant la période de mesure qui dure 10 jours. Les animaux utilisés étaient pesés avant la période d'adaptation et à la fin de la période de mesure.

L'aliment était présenté sous forme de feuilles fraîches arrachées aux branches et mises à la disposition des animaux dans des mangeoires individuelles. Deux repas étaient distribués: le matin à 9H après le retrait des refus de la veille et l'après-midi à 16H. La quantité d'aliment offert était calculée pour permettre un taux de refus de 20 à 25%. Les quantités d'aliment offertes étaient mesurées avant distribution et les refus, collectés chaque matin étaient pesés pour chaque animal avant la distribution de la ration du jour. De la même manière, les fèces étaient collectés par animal et conservés en chambre froide dans des seaux plastiques individuels. Pendant l'essai, tous les animaux disposaient d'eau à volonté.

Le taux de matière sèche de l'offert, du refus et des fèces étaient déterminés quotidiennement après séchage à l'étuve à 70°C pendant 24H. Chaque jour, un échantillon de l'aliment offert était prélevé, séché et conservé. Au terme de l'expérimentation,

on a effectué un mélange homogène des aliments séchés. Une partie aliquote de ce mélange est broyée pour servir d'échantillon en vue des différentes analyses de laboratoire. Les quantités de matière sèche ingérée, rejetée dans les fèces ont été calculées et utilisées pour la détermination du taux de digestibilité.

* mesure de la digestibilité et l'ingestibilité en stabulation libre.

Cinq animaux parqués en stabulation libre dans des boxes individuels ont reçu leur aliment sous forme de bottes (feuilles et branches) accrochées aux cloisons des boxes à la portée de chaque animal. L'utilisation de cette technique engendre 2 difficultés méthodologiques majeures:

- l'évaluation précise de la quantité de matière sèche consommable offerte: la botte suspendue étant constituée d'une partie consommable (essentiellement les feuilles) et d'une partie non consommable (les branches).

- l'évaluation précise de la quantité de la matière sèche consommable refusée: la botte suspendue perd de l'eau au cours du nyctémère avec un taux de perte différent pour les feuilles et les branches.

En vue de prendre en compte ces différents phénomènes les mesures suivantes ont été effectuées quotidiennement:

- a) pesée des bottes entières et fraîches offertes à chaque animal (Pb).
- b) sur des bottes-témoin identiques à celles offertes:
 - détermination du rapport feuilles/tiges: ce rapport permet de calculer la quantité de feuilles fraîches offerte à l'animal (%F).
 - détermination de la teneur en matière sèche des feuilles fraîches offertes(%MSo).
- c) sur les refus
 - détermination de la quantité brute de feuilles refusées (Fr) en séparant, pour chaque botte, les feuilles refusées des branches.
 - Détermination de la teneur en matière sèche des feuilles refusées (%MSr).

d) sur les fèces

- pesée des quantités totales de fèces par animal par jour (Pf).
- détermination de la teneur en matière sèche des fèces (%MSf).

A l'aide de ces différentes mesures, le calcul des paramètres, nécessaire à l'évaluation de la digestibilité et l'ingestibilité s'effectue de la façon suivante:

Quantité de MS offerte	= $Pb * \%F * \%MSo$
Quantité de MS refusée	= $Fr * \%MSr$
Quantité MS fécale	= $Pf * \%MSf$

avec:

Pb = poids de la botte fraîche
 %F = % de feuilles (partie consommable) par rapport au poids total de la botte servie.
 %MSo = teneur en matière sèche des feuilles fraîches.
 Fr = poids brut des feuilles (partie consommable) refusées.
 MSr = teneur en matière sèche de feuilles refusées.
 Pf = poids des matières fécales fraîches.
 %MSf = teneur en matière sèche des déjections fraîches.

* analyse de laboratoire des échantillons

- Les échantillons d'aliments (offert et refusé) et de fèces collectés au cours de l'expérimentation ont été partiellement analysés par les laboratoires de l'IDESSA et du LACENA (Côte d'Ivoire). Un double des échantillons a été transmis au laboratoire du CIRAD/EMVT.

2. Résultats

Tableau: Digestibilité et ingestibilité de quelques espèces ligneuses

Espèces ligneuses	Digestibilité	Digestibilité	Digestibilité	Ingestibilité g/kg p ^{0,75}
	%MS	%MO	%MAT	
<i>Ficus exasperata</i>	40,7	59,5	66,2	88
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	42,6	47,8	22,7	74
<i>Daniellia oliveri</i>	24,3	26,9	0,0	57
<i>Securinega virosa</i>	65,6	66,9	72,1	65
<i>Spondias mombin</i>	33,0	38,0	5,2	43
<i>Parinari curatellifolia</i>	24,5	31,7	11,9	34
<i>Piliogstigma thonningii</i>	46,6	50,5	35,0	46
<i>Parkia biglobosa</i>	28,7	31,6	0,0	47
<i>Antiaris africana</i>	75,5	-	-	142
<i>Afzelia africana</i>	64,3	-	-	87

Espèces étudiées in vivo
dans le cadre du projet ST2/215

Tous Pays

Acacia ataxacantha	1
Acacia linearioides	2
Acacia macrostachya	3
Acacia nilotica	4
Acacia seyal	5
Acacia sieberiana	6
Acacia tortilis	7
Adansonia digitata	8
Afzelia africana	9
Albizzia lebbeck	10
Alchornea cordifolia	11
Antiaris africana	12
Azadirachta indica	13
Balanites aegyptiaca	14
Bauhinia rufescens	15
Boscia senegalensis	16
Calotropis procera	17
Cassia tora	18
Combretum aculeatum	19
Combretum glutinosum	20
Combretum nigricans	21
Daniellia oliveri	22
Faidherbia albida	23
Ficus gnaphalocarpa	24
Ficus sp.	25
Flemingia macrophylla	26
Fluggea virosa	27
Gliricidia sepium	28
Guiera senegalensis	29
Khaya senegalensis	30
Leucaena leucocephala	31
Leucaena sp.	32
Maesa lanceolata	33
Mangifera indica	34
Ozoroa insignis	35
Parinari curatellifolia	36
Parkia biglobosa	37
Pericopsis laxiflora	38
Piliostigma reticulatum	39
Piliostigma thonningii	40
Pithecellobium dulce	41
Prosopis sp.	42
Pterocarpus lucens	43
Salvadora persica	44
Samanea saman	45
Sesbania rostrata	46
Spondias mombin	47
Tephrosia vogelii	48
Ziziphus mauritiana	49
Ziziphus sp.	50

CHAPITRE XI

ESSAIS D'ALIMENTATION DE MOUTONS

AVEC DES FOURRAGES LIGNEUX

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Côte d'Ivoire Tiemoko YO¹

et des résultats antérieurs au programme ST2/215 de :

Cameroun Jean KOUONMENIOC²

Côte d'Ivoire Didier BOUCHEL¹

Sénégal Safietou TOURE FALL³

¹ SRZ de Nkolbisson - IRZV - BP 1457 - Yaoundé, Cameroun

² DRA-IDESSA - 01 BP 633 - Bouaké, Côte d'Ivoire

³ LNERV-ISRA - BP 2057 - Dakar, Sénégal

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION : RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS	1
1. EXPOSE DES ESSAIS REALISES EN COTE D'IVOIRE DANS LE CADRE DU PROJET ST2/215	2
1.1. Principe des essais	2
1.2. Animaux	4
1.3. Mesures	4
1.4. Etude économique	5
2. RESULTATS DES ESSAIS REALISES EN COTE D'IVOIRE DANS LE CADRE DU PROJET ST2/215	5
2.1. Ingestion d'aliments	5
2.2. Gains de poids vif	8
2.3. Aspects économiques de la complémentation	8
CONCLUSION	10
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	13

10-10-10

1. The first part of the report is a general introduction to the project.

2. The second part is a detailed description of the methodology used.

3. The third part is a discussion of the results obtained from the experiments.

4. The fourth part is a conclusion and a list of references.

5. The fifth part is a list of appendices.

6. The sixth part is a list of figures.

7. The seventh part is a list of tables.

8. The eighth part is a list of symbols.

9. The ninth part is a list of abbreviations.

10. The tenth part is a list of acronyms.

11. The eleventh part is a list of footnotes.

12. The twelfth part is a list of references.

13. The thirteenth part is a list of appendices.

14. The fourteenth part is a list of figures.

INTRODUCTION

RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS

Dans le centre et le nord de la Côte d'Ivoire, comme au Cameroun, ou au Mali, par exemple, la récolte, le commerce et la distribution de rameaux d'arbres et d'arbustes fourragers à des moutons en croissance est une activité traditionnelle, en particulier en zones urbaines et périurbaines à l'approche des fêtes.

Au Sénégal, cette fonction est surtout remplie par les gousses d'Acacia, l'approvisionnement des villes en fourrages étant principalement assuré par les fanes d'arachides. Au Niger et au Tchad, le commerce des pailles naturelles de brousse prédomine.

Safietou Fall (1991) dans le cadre d'un travail réalisé pour la Fondation Internationale pour la Science (FIS) et Kouonmenioc (1990) dans le cadre de sa thèse avait, antérieurement au programme, réalisé quelques essais d'alimentation. Pour Safietou Fall, il s'agissait de compléter des pailles de saison sèche avec des feuilles préséchées d'espèces ligneuses sahéliennes : globalement, les résultats ont montré qu'avec certaines espèces les rations distribuées couvraient les besoins d'entretien ou de faible croissance (30 g/j) de la même façon que les animaux les auraient satisfaits en alimentation libre sur parcours ; avec d'autres espèces, les besoins d'entretien n'étaient pas assurés.

Kouonmenioc (1990) a associé une graminée abondante dans la région de Yaoundé (*Pennisetum purpureum* : 100 à 140 g MAT/kg MS) à cinq espèces ligneuses afin de constituer des rations pour moutons en croissance.

L'examen global des résultats met en évidence de fortes différences entre espèces, tant au niveau des quantités ingérées (chapitre X) que des performances zootechniques :

- les résultats prometteurs obtenus avec *Gliricidia sepium* (quantités ingérées : 140 MS/kg P^{0.75} dont 65 p.100 de *Gliricidia* ; gain de poids : 64 g/j sont conformes à ceux obtenus dans d'autres pays ; Preston et Leng (1987) recommandent toutefois d'utiliser le *Gliricidia sepium* à raison de 40 p.100 des rations pour optimiser l'utilisation digestive des rations et les performances ;
- la ration à base de *Flemingia macrophylla* fut aussi bien consommée (140 g MS/kg P^{0.75} ; 50 p.100 de *Flemingia* environ) mais les animaux ont eu une légère perte de poids (-9 g/j) ;
- l'ingestion du régime à base d'*Alchornea cordifolia* fut plus faible (120 g MS/kg P^{0.75} dont 48 p.100 d'*Alchornea*). Cette ration permet un gain de poids modéré (11 g/j) mais significatif ;
- enfin, conformément à ce qui est connu, la consommation des rations à base de *Leucaena leucocephala* (60 p.100 de l'ingéré) a diminué de 110 à 72 g MS/kg P^{0.75} au cours de l'essai : les moutons ont perdu du poids et ont manifesté des signes d'intoxication. Ces résultats ne sont pas surprenants et s'expliquent par la grande sensibilité des ovins à la mimosine.

1. EXPOSE DES ESSAIS REALISES EN COTE D'IVOIRE DANS LE CADRE DU PROJET ST2/215

L'équipe de l'IDESSA (d'après T. Yo 1993) a aussi conduit quelques essais avant le projet en comparant l'effet de fourrages ligneux à celui d'aliments concentrés pour compléter des graminées de qualité médiocre. Elle a poursuivi les expérimentations dans le cadre du projet ST2/215 et est à l'origine des principaux résultats obtenus (Bouchel *et al.* 1991, Yo *et al.* 1991a, 1991b, 1992).

1.1. Principe des essais

Six espèces ligneuses (tableau XI.1) de la région de Bouaké ont été distribuées à des moutons en croissance pendant 60 à 90 j en complément, soit :

Tableau XI.1 - Régimes alimentaires utilisés au cours des expérimentations à l'IDESSA (Yo et al. 1991-1992)

Espèces ligneuses	Régimes alimentaires	Nb animx	Nb jours	Période d'essai
Abizzia zygia	Lot 1: Paille de Brachiaria + 100g de mélasse Lot 2: Paille + 100g mélasse + 400g tourteau de coton Lot 3: Paille + 100g mélasse + 200g tourteau de coton Lot 4: Paille + 100g mélasse + Albizzia (800g feuilles fraîches)	11 11 11 11	90j 90j 90j 90j	1988
Pterocarpus erinaceus Bridelia ferruginea	Lot 1: Pâturage Panicum maximum C1 (8H) Lot 2: Pâturage Panicum + Pterocarpus (800g feuilles fraîches) Lot 3: Pâturage Panicum + Bridelia (800g feuilles fraîches) Lot 4: Pâturage Panicum + 200g tourteau de coton	11 10 10 11	90j 90j 90j 90j	Mai-août 1989
Ficus exasperata	Lot 1: Paille de Panicum maximum + 100g de mélasse Lot 2: Paille + 100g mélasse + Ficus (60% de la ration) Lot 3: Paille + 100g mélasse + 300g tourteau de coton	8 8 8	30j 90j 90j	Janv-mars 1990
Morinda lucida	Lot 1: Paille de Panicum maximum + 50g tourteau coton Lot 2: Paille + 50g tourteau + Morinda (1/3 de la ration) Lot 3: Paille + 50g tourteau + Morinda (2/3 de la ration)	6 6 8	75j 75j 75j	Juin-sept 1991
Pericopsis laxiflora	Lot 1: Paille de panicum + 75/100g tourteau coton Lot 2: Paille + 75/100g tourteau + Pericopsis (1/3 de la ration)	13 14	60j 60j	Avril-mai 1992

(*): Composition de la pierre à lécher: Phosphate bicalcique: 64,2%; sel marin: 35,3%; sulfate de cuivre: 0,54%; chlorure de potassium: 0,005%; cobalt: 0,016%

- de rations de faible valeur nutritive (paille de graminée dosant 50 à 60 g de MAT par kg de MS), le ligneux était alors distribué en association ou en substitution de sous-produits agro-industriels (tourteau de coton et mélasse de canne à sucre) ;
- de fourrages fertilisés récoltés à un stade jeune (*Panicum maximum* dosant 140 g de MAT par kg de MS). Dans ce cas, les ligneux ont été comparés à du tourteau de coton. Les fourrages ligneux ont été distribués à volonté à l'état de rameaux frais suspendus dans les parcs de stabulation conformément aux conclusions de Kouao Brou (chapitre X § I.1). Ils représentaient 30 à 60 p.100 de l'ingéré alimentaire.

1.2. Animaux

Les essais ont été effectués avec des ovins de race Djallonké en période de post-sevrage. En début d'expérience, les animaux étaient âgés de 3 à 4 mois et pesaient en moyenne 10 à 14 kg suivant les essais. A l'exception de *Pericopsis laxiflora* qui a été testé sur des agnelles, l'ensemble des essais a été effectué en utilisant des agneaux mâles destinés à la boucherie.

1.3. Mesures

Un temps d'adaptation de 15 jours était observé avant le début de la période expérimentale. Au début, à la fin et tous les 15 jours pendant le déroulement de l'essai, une double pesée des animaux, espacée de 24 h, était effectuée. Ils étaient pesés le matin avant la distribution des aliments.

Durant la période expérimentale, les quantités d'aliments offertes et refusées étaient mesurées quotidiennement. Les fourrages ligneux étaient présentés aux animaux sous forme de bottes de branchettes fraîches suspendues à leur hauteur. Les bottes de fourrages sont composées d'une partie consommable (les feuilles et éventuellement les parties terminales des branchettes) et d'une partie non consommable (les branches). Au cours des essais effectués, les feuilles des bottes offertes étaient consommées en totalité chaque jour. En conséquence, nous avons calculé la quantité de feuilles fraîches ingérées par l'intermédiaire du rapport feuilles/tiges. Ce ratio était déterminé hebdomadairement en séparant, sur une botte-

témoin, les feuilles des branches. La teneur en matière sèche des feuilles fraîches était mesurée avec la même fréquence par séchage d'un échantillon à 100°C pendant 24 h.

1.4. Etude économique

Une étude économique succincte a été effectuée pour évaluer le coût marginal d'une complémentation : coût d'un kilogramme de gain supplémentaire (par rapport à la ration de base) imputable à l'aliment de complément. Le prix du tourteau, départ usine, est de 30 F CFA/kg et le prix de vente des ligneux sur le marché de Bouaké était, aux périodes d'essai, en moyenne de 23 F CFA par kg de fourrage frais. Les calculs de rentabilité ont été effectués sur cette base en prenant en compte un prix de vente des animaux de 800 F CFA par kg de poids vif. Ces paramètres correspondent à la situation des élevages ovins urbains où la totalité des aliments est achetée.

2. RESULTATS DES ESSAIS REALISES EN COTE D'IVOIRE DANS LE CADRE DU PROJET ST2/215 (T. Yo 1993)

Les résultats relatifs aux quantités ingérées et au comportement pondéral sont résumés au tableau XI.2 et à la figure XI.1. Ils pourront aussi être interprétés en termes d'apports nutritionnels lorsque les valeurs nutritives des fourrages ligneux seront consolidées.

2.1. Ingestion d'aliments (tableau XI.2)

L'examen des ingérés alimentaires montre que l'utilisation du fourrage ligneux permet d'augmenter la quantité totale de matière sèche consommée par les animaux.

Pour les expérimentations avec *Albizzia zygia*, *Ficus exasperata*, *Morinda lucida* et *Pericopsis laxiflora* au cours desquelles la consommation d'aliment a été mesurée, le niveau d'ingestion de matière sèche totale est très homogène et s'élève, en moyenne, à 61 g MS/kg P^{0.75} pour le lot recevant la paille (avec 100 g de mélasse ou 50 g de tourteau par mouton et par jour), 87 g pour une complémentation avec le tourteau de coton (200 à 400 g par jour) et 84 g pour une complémentation avec un ligneux (à volonté).

Tableau XI.2 - Quantités ingérées et gains quotidiens moyens des moutons complémentés avec du tourteau de coton (*) et/ou des fourrages ligneux (**) (Yo et al. 1991-1992)

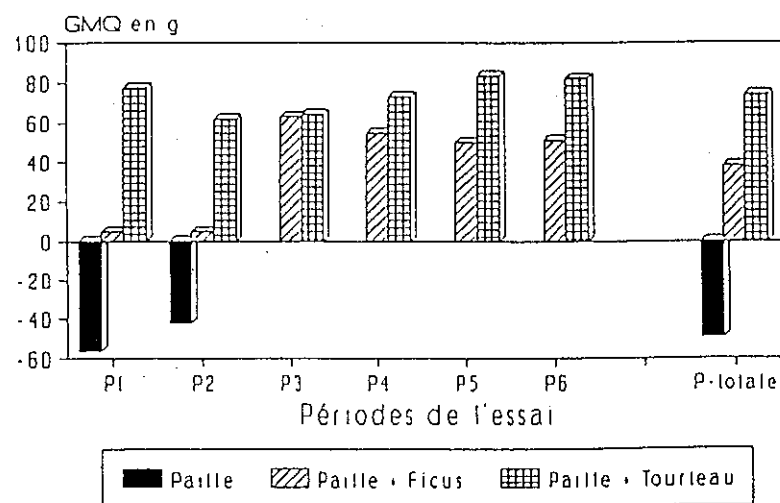
Espèces ligneuses	Régimes	Nb jours	GMQ (g)	nb ax morts	gMS tot /animal	gMS tot /P ^{0.75}	gMS ligneux /P ^{0.75}
Albizzia zygia	Lot 1	90j	6	2	379	58	-
	Lot 2 *	90j	93	0	675	81	-
	Lot 3 *	90j	113	0	781	93	-
	Lot 4 **	90j	31	0	661	91	39
Pterocarpus erinaceus Bridelia ferruginea	Lot 1	90j	47a	0	-	-	-
	Lot 2 **	90j	43a	1	-	-	34
	Lot 3 **	90j	51a	0	-	-	31
	Lot 4 *	90j	88b	2	-	-	-
Ficus exasperata	Lot 1	30j	-49a	5	373	63	-
	Lot 2 **	90j	+38b	1	577	89	52
	Lot 3 *	90j	+74c	0	680	89	-
Morinda lucida	Lot 1	75j	7a	3	384	63	-
	Lot 2 */**	75j	26b	1	506	81	32
	Lot 3 */**	75j	40b	0	534	87	58
Pericopsis laxiflora	Lot 1	60j	+6a	0	370	59	-
	Lot 2 */**	60j	-2a	2	440	71	22

Figure XI.1 - Gains quotidiens moyens de moutons recevant du *Panicum maximum* vert ou à l'état de paille complémentés par du tourteau de coton ou diverses espèces de fourrages ligneux (Yo et al. 1991-1992)

ESSAI FICUS EXASPERATA

LOT 1: Paille de *Panicum*
 LOT 2: Paille + *Ficus*
 LOT 3: Paille + Tourteau colon

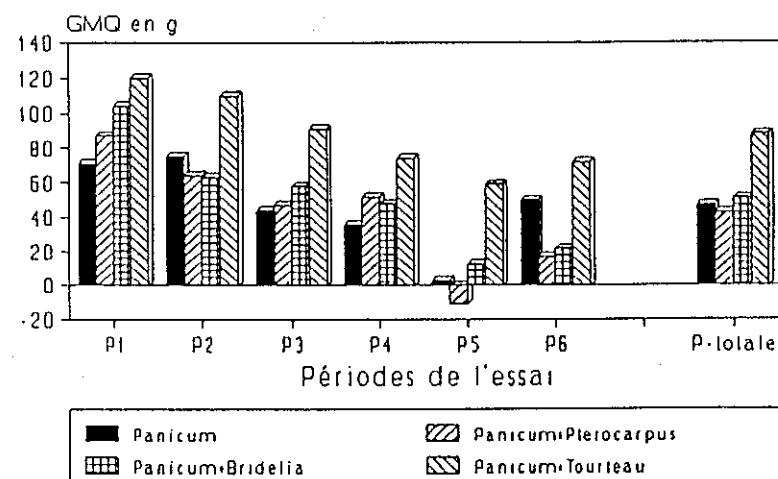
ESSAI FICUS EXASPERATA (Evolution du GMQ)



ESSAI PTEROCARPUS ET BRIDELLIA

LOT 1: *Panicum maximum* (vert)
 LOT 2: *Panicum* + *Pterocarpus*
 LOT 3: *Panicum* + *Bridelia*
 LOT 4: *Panicum* + Tourteau colon

ESSAI PTEROCARPUS ET BRIDELLIA (Evolution du GMQ)



La complémentation de la paille avec un fourrage ligneux a donc permis d'améliorer la quantité totale de matière sèche ingérée de l'ordre de 20 à 60 p.100 suivant le type de ligneux et son niveau d'incorporation dans la ration.

2.2. Gains de poids vif (tableau XI.2. et figure XI.1)

Les gains de poids vif obtenus au cours des différentes expérimentations montrent que l'intérêt des fourrages ligneux, comme complément alimentaire, varie selon le niveau nutritionnel de la ration de base. Lorsque les animaux reçoivent un régime de base pauvre en matières azotées (pailles), l'ajout des fourrages ligneux a toujours eu un effet positif significatif sur la croissance des agneaux. Avec un apport de ligneux constituant 30 à 60 p.100 de la ration, le GMQ obtenu est en moyenne de 25 à 40 g alors que la croissance a été nulle voire négative avec la ration de base. En outre, l'utilisation des fourrages ligneux a permis de réduire les mortalités par rapport à la ration de base (tableau XI.2). *Pericopsis laxiflora* dont, l'utilisation n'a pas présenté d'intérêt nutritionnel évident, constitue toutefois une exception.

Lorsqu'un fourrage de base de bonne valeur nutritive (*Panicum maximum* fertilisé) était fourni aux animaux, l'ajout de *Pterocarpus erinaceus* ou de *Bridelia ferruginea* n'a pu améliorer significativement le gain de poids des animaux. Les gains de poids obtenus avec une complémentation classique (200 à 400 g de tourteau de coton par mouton et par jour) varient de 90 à 115 g/j et s'avèrent donc supérieurs aux performances de croît permises par les ligneux.

2.3. Aspects économiques de la complémentation

Dans les conditions décrites, l'utilisation des ligneux fourragers comme aliment de complément semble, théoriquement, rentable si l'animal reçoit une ration de base de faible valeur nutritive (paille). Dans ce contexte, le coût d'un kilogramme de gain imputable à la complémentation est de 565 à 685 F CFA suivant le type de ligneux et la quantité apportée. Dans le cas d'un régime de base de bonne qualité, l'apport de ligneux (pour les deux espèces testées) ne semble pas se justifier économiquement car il ne permet pas d'améliorer le gain de poids.

LWG OF SHEEP FED WITH CULTIVATED GRASSES AND
COMPLEMENTED WITH BROWSE AD LIBITUM
(EXAMPLES)

CRUDE PROTEIN OF GRASS (% DM)	FRESH, LEAVY TWIGS	OTHER COMPLEMENT	LWG (G)
5	NO	100G MOLASSES	0
5	YES	100G MOLASSES	30
5	NO	100G MOLASSES 200G COTTONMEAL	90

(d'après Yo *et al.* 1992)

LWG OF SHEEP FED WITH CULTIVATED GRASSES AND
COMPLEMENTED WITH BROWSE AD LIBITUM
(EXAMPLES)

CRUDE PROTEIN OF GRASS (% DM)	FRESH, LEAVY TWIGS	OTHER COMPLEMENT	LWG (G)
14	NO	NO	47
14	YES	NO	50
14	NO	200G COTTONMEAL	90

(d'après Yo *et al.* 1992)

Si l'on apporte, en complément, à un régime à base de paille du tourteau de coton coûtant 30 F CFA/kg, le coût de la complémentation par kg de gain de poids supplémentaire varie de 70 F CFA à 120 F CFA selon la quantité apportée (200 à 400 g/animal/jour).

En résumé, bien que l'utilisation comme complément des fourrages ligneux, soit théoriquement rentable elle semble peu avantageuse dans le présent système où le ligneux est vendu à un prix relativement élevé par rapport aux sous-produits agro-industriels disponibles à large échelle. Ces données seraient différentes dans le contexte d'un élevage ovin rural.

CONCLUSION

Ces quelques résultats complètent d'abondantes données bibliographiques relatives aux espèces cultivées (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus*), plus rares pour les espèces spontanées.

Ils confirment l'intérêt des espèces ligneuses comme sources de fourrages riches en matières azotées dont l'effet est d'autant plus important sur les performances qu'elles sont associées à une ration de base pauvre.

Le bénéfice concerne les quantités totales ingérées, la croissance, la baisse des taux de mortalité ; d'autres auteurs ont mesuré les gains de productivité numérique (Reynolds au Nigeria). Mais, il ressort des essais du projet ST2/215 ou de la bibliographie que les gains de productivité obtenus avec les ligneux restent toujours inférieurs à ceux atteints avec des sous-produits agro-industriels utilisés rationnellement (apports équilibrés d'énergie et d'azote digestibles, en particulier). En effet, les gains de poids moyens obtenus avec ce type de fourrage montrent cependant que l'ajout d'autres sous-produits est nécessaire pour obtenir chez les animaux nourris à base de paille des gains de poids attendus pour des animaux en engraissement.

La vente actuelle des ligneux dans les centres urbains est le fait de marchands de bétail et, dans une moindre mesure, d'élevages de case ou entretenant des animaux en vue des fêtes religieuses. A ces animaux sont attachées des valeurs extra-économiques qui peuvent expliquer des dépenses d'alimentation apparemment exorbitantes.

En effet, l'émondage quotidien en savane ou en forêt, suivi de transport nécessite beaucoup de main-d'oeuvre ; il n'est probablement rentable que pour cette filière particulière et résiste peu à une analyse économique en cas de comparaison avec les sous-produits agro-industriels. La valorisation des gousses qui peuvent être stockées et transportées en grande quantité et de valeur nutritive supérieure est probablement plus justifiée sur le plan économique.

Sur parcours, l'utilisation des fourrages ligneux disponibles repose principalement sur une utilisation directe par les animaux. Les pratiques de coupe, de récolte de fruits, etc. des espèces de bonne valeur nutritive doivent s'inscrire dans une stratégie globale de gestion des peuplements ligneux qui comprend des plantations, des coupes raisonnées, des mises en défens, une adaptation de la charge animale, etc.

La conception de ces stratégies et le contrôle de leurs effets (au minimum forestiers et zootechniques) reposent sur une bonne connaissance de la biologie et de la valeur des espèces fourragères, objet de ce programme.

Enfin, l'intégration des fourrages ligneux dans les systèmes fourragers des **exploitations agricoles** va de pair avec le développement des systèmes de cultures stabilisés sur le plan foncier et de l'utilisation des terres. Ces systèmes de culture intègrent, en particulier, en zone tropicale humide ou sous-irrigation des cultures en couloirs, des haies vives ou des brise-vent, etc. Le choix des espèces utilisées pour ces aménagements agroforestiers et leur gestion reposent comme pour les parcours aménagés (cf. ci-dessus) sur une bonne connaissance de l'intérêt zootechnique des espèces et de leur réaction quand elles sont soumises à une exploitation pour l'élevage. Mais s'agissant de systèmes plus intensifiés, les référentiels qualitatifs et quantitatifs devront être plus précis.

De nouveaux essais zootechniques devront être plus inspirés de la connaissance de ces principaux systèmes fourragers utilisant des ligneux ou de leurs perspectives de développement.

Finalement en dehors des espèces à haute valeur nutritive strictement fourragères telles que le *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* ou *Calliandra callothyrsus*, etc. qui se prêtent bien à une exploitation régulière par émondage, la valorisation des espèces ligneuses par l'alimentation animale ne doit intervenir qu'en complément de leurs usages multiples.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUCHEL D., BODJI N.C., KOUAO B.J., 1991 - Effet de la complémentation d'une ration de base de médiocre qualité par *Albizia zygia* sur le comportement alimentaire et la croissance d'ovins Djallonké. Séminaire des Réseaux de Recherche sur les aliments du bétail : "Complémentarité des aliments du bétail et production animale" 4-8 mars 1991, Gaberoue-Bostwana : 20 p.
- FALL TOURE S., 1991 - Arbres et arbustes fourragers dans l'alimentation des ruminants en zones sahélienne et soudanienne. Valeur nutritive d'espèces appréciées (Sénégal). In: Actes du IVe Congrès International des Terres et Parcours. Avril 1991 Montpellier, France . pp. 670-673.
- KOUONMENIOC J., 1990 - Les ligneux fourragers au Cameroun : productivité et intérêt pour la production animale en région guinéenne. Thèse I de doctorat. Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay. 192 p.
- LE HOUEROU H.N., 1987 - Consommation volontaire de ligneux fourragers et performances animales chez le mouton Barbarin. Sub-network on Mediterranean Pastures. Montpellier - 13/17 octobre 1987. FAO - European Coopération network on pasture and fodder crop production. Bull. n°5 : 91-95 (déjà transmis).
- PRESTON T.R., LENG R.A., 1987 - Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub tropics. Penambule Books Ed. Armidale Australia. 245 p.
- REYNOLDS L. - Effet de la supplémentation à base de légumineuses arbustives sur la productivité des chèvres naines d'Afrique de l'ouest. Humid Zone Programme. International Livestock Centre for Africa - Ibadan, Nigeria. p. 238-249.
- YO T., 1991 - Complémentation de la paille de *Panicum maximum* avec deux fourrages ligneux : *Ficus exasperata* et *Morinda lucida* - IDESSA-DRA, Bouaké : 9 p.
- YO T., KOUAO B.J., BODJI N.C., TOURE G., 1991 - Effet de la complémentation du *Panicum maximum* avec des fourrages ligneux sur le gain de poids vif et le rendement carcasse des ovins Djallonké mâles. Séminaire des Réseaux de Recherche sur les aliments du bétail : "Complémentarité des aliments du bétail et production animale" - 4-8 mars 1991, Gaberoue-Bostwana : 11 p.
- YO T., 1992 - *Pericopsis laxiflora* comme complément alimentaire dans une ration pour agneaux Djallonké, effet sur la croissance et l'ingestion d'aliments. IDESSA-DRA, Bouaké : 5 p.
- YO T., 1993 - Rapport final du projet ST2/215. Document de travail : 8 p.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce projet, la production fourragère ligneuse des régions intertropicales d'Afrique Centrale et de l'Ouest a été étudiée sous plusieurs angles : depuis sa caractérisation quantitative jusqu'à sa transformation en produits animaux.

Les résultats concernent :

- soit des espèces végétales décrites sur les plans de leur répartition, de leur phénologie, de leur production, de leur valeur nutritionnelle, de leur utilisation zootechnique avec, pour certaines d'entre elles, une analyse de la variabilité de ces paramètres ;
- soit des approches microrégionales visant, pour un milieu donné, à évaluer quantitativement et qualitativement la ressource fourragère des plantes ligneuses ainsi que son utilisation par les herbivores domestiques.

Une grande partie de ces résultats concerne donc des analyses individuelles (par espèce) ou par site du projet. La présentation standardisée (cf. ce rapport, par exemple) des données recueillies dans les différentes régions permet maintenant des synthèses transversales relatives aux productions et à leurs utilisations. Elles peuvent être consacrées à des monographies sur telle ou telle espèce ou bien à des thèmes particuliers tels que l'appétibilité relative des espèces.

Ces travaux de valorisation des résultats peuvent être entrepris à l'initiative de chacun des partenaires. Il leur suffit de se mettre en rapport avec les autres membres du projet concernés par le sujet traité et avec le coordonnateur pour accéder aux données détaillées, le plus souvent informatisées.

Les résultats ont été le plus souvent obtenus par des méthodes extraites de la bibliographie, parfois mises au point dans le cadre du projet : approche de l'"accessibilité", par exemple (chapitre III ; ICKOWICZ 1994). Elles ont été appliquées à des "échantillons" (végétaux ou animaux) qui correspondaient à des objets d'observation mesurables, depuis le parcours journalier, voire saisonnier, d'un ou plusieurs troupeaux, jusqu'à l'échantillon monospécifique d'un organe végétal à un stade de développement donné. A chaque méthode et chaque type d'échantillon sont attachés des niveaux de précision plus ou moins choisis a priori.

Le grand nombre de données recueillies pourrait justifier l'élaboration d'un recueil réunissant pour chaque espèce étudiée :

- son importance dans le cortège floristique des sites du projet (228 espèces concernées) ;

- sa phénologie et/ou ses cycles de production foliaire (53 espèces concernées) pour les sites où ils ont été étudiés;

- des ordres de grandeur de sa production utile ("accessible" au bétail) et de sa disponibilité saisonnière en fonction de la densité et de la taille des peuplements;

- sa contribution aux régimes des herbivores et son appétibilité (par classe) pour les différentes espèces animales ;

- la composition chimique de ses organes végétatifs et de reproduction ainsi qu'une estimation de leur valeur nutritive *minimale* et de leur valeur nutritive *potentielle* (373 espèces étudiées au laboratoire, 47 étudiées sur l'animal : méthodes *in vivo* ou *in sacco*).

L'hypothèse est faite que les valeurs minimales correspondent à une contribution majoritaire des ligneux dans les rations tandis que les valeurs potentielles correspondent à une ingestion modérée des ligneux en complément de fourrages pauvres ; dans le deuxième cas les composés antinutritionnels, les tanins en particulier, sont dilués dans la ration et leur effet est faible.

- quand ils existent, des résultats d'essais zootechniques obtenus dans le cadre du projet (10 espèces) ou extraits de la bibliographie.

Un tel recueil permettrait de rendre accessibles les connaissances quantitatives obtenues sur les principales espèces fourragères ligneuses des zones sahélienne, soudanienne et guinéenne d'Afrique Centrale et de l'Ouest. Il serait utile pour des diagnostics régionaux des ressources fourragères ligneuses : importance relative des espèces, productions fourragères disponibles, intérêt zootechnique.

Cette proposition ne signifie pas que la connaissance des espèces fourragères ligneuses soit suffisante dans tous les domaines et pour toutes les espèces : l'agroforestier, le zootechnicien pastoraliste et nutritionniste doivent poursuivre individuellement des travaux spécialisés. Ils sont nécessaires, ne serait-ce que pour compléter l'information disponible sur les espèces reconnues comme les plus utiles. Dans le cas du zootechnicien, il s'agit d'évaluer plus précisément l'apport nutritionnel des ligneux dans les rations. Nous avons vu les difficultés (chapitre IX à XI) rencontrées pour ce type d'études : elles font appel à des méthodes sophistiquées qui, pour

fournir des résultats fiables et utilisables, doivent correspondre à des objectifs précis (essentiellement méthodologiques : par exemple, validation de méthodes de laboratoires plus simples et plus standardisables) et doivent aussi être appliquées avec une grande exigence de rigueur et de représentativité (connaissance et représentativité du matériel végétal ; représentativité des conditions expérimentales, etc...). Ces précautions sont particulièrement importantes pour les méthodes qui concernent la digestion chez l'animal (méthodes *in vivo* et *in sacco*). Quand ces conditions ne peuvent être assurées, il vaut mieux se limiter à des objectifs moins ambitieux, comme par exemple la hiérarchie des espèces suivant leur intérêt nutritionnel dans une région donnée : on fait alors appel à des critères de laboratoire de type chimique, enzymatique ou de digestibilité *in vitro*.

Les méthodes mises au point et les données obtenues pendant le projet peuvent aussi servir de référence pour des suivis de la production fourragère ou de son utilisation dans d'autres milieux. Il faudra alors procéder à des observations, échantillonnages, mesures, analyses etc. adaptés aux questions et aux échelles d'interventions des responsables de la gestion et/ou des aménagements des peuplements forestiers et agroforestiers : ces besoins correspondent aussi bien à l'exploitation agricole de zone humide qu'aux terroirs agropastoraux ou pastoraux de zone aride.

Parmi les nombreuses méthodes utilisées dans le projet ST2/215, certaines sont appliquées à ces différentes échelles mais leur précision ne correspond pas toujours à des objectifs d'aide à la décision pour la gestion ou les aménagements.

Au stade actuel des travaux et des connaissances, il apparaît que le choix des méthodes de recherche ou de diagnostic relatives aux terroirs, doit donc :

- d'une part, être orienté par des questions de développement ou de protection de l'environnement ;
- d'autre part, résulter d'un dialogue interdisciplinaire entre agronome des sols, forestier, zootechnicien, socioéconomiste, etc.

, pour par exemple optimiser les choix des espèces ou variétés à usages multiples les plus adaptées à un milieu et à un système de production - ou encore - pour définir des règles de protection, de multiplication et de gestion d'espèces menacées par le surbroutage ou par une exploitation excessive par émondage ;

En conclusion, les agroforestiers et les zootechniciens doivent surtout consacrer l'essentiel de leurs efforts à une valorisation des connaissances disponibles dans des approches intégrées pour formuler des recommandations que puissent appliquer et s'approprier les acteurs de la gestion des ressources fourragères ligneuses et ceux de la protection de l'environnement.

**

Annexe 1

Liste des espèces ligneuses (L) enregistrées au
catalogue CIRAD-EMVT/Laboratoire d'Écologie végétale
Université Paris-Sud et des espèces ligneuses (L)
et subligneuses (SL) échantillonnées (*)
et étudiées sur l'animal (□)

1.1 Classement alphabétique des genres et espèces

1.2 Classement alphabétique des familles

* 366 espèces échantillonnées et analysées au laboratoire

284 espèces présentes sur les sites du projet

□ 44 espèces dont la valeur nutritive a été mesurée sur
l'animal (mesures de digestibilité *in vivo* ou *in sacco*)

\$ 54 espèces dont la phénologie a été étudiée

% 53 espèces dont la production foliaire a été mesurée

L = ligneux SL = subligneux

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Fabaceae	Abrus	canescens						L
Fabaceae	Abrus	pulchellus						L
Malvaceae	Abutilon	mauritanum			#			SL
Mimosaceae	Acacia	ampleiceps		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	asak		*				L
Mimosaceae	Acacia	ataxacantha		*	#	□	%	L
Mimosaceae	Acacia	auriculiformis		*				L
Mimosaceae	Acacia	benadirensis		*				L
Mimosaceae	Acacia	brevispica		*				L
Mimosaceae	Acacia	cortex		*				L
Mimosaceae	Acacia	cyanophylla		*				L
Mimosaceae	Acacia	cyanotis		*				L
Mimosaceae	Acacia	dudgeoni		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	ehrenbergiana		*				L
Mimosaceae	Acacia	erythrocalyx	Acacia pennata	*	#			L
Mimosaceae	Acacia	etbaica		*				L
Mimosaceae	Acacia	farnesiana		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	gourmaensis		*				L
Mimosaceae	Acacia	hockii		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	holosericea		*				L
Mimosaceae	Acacia	horrida		*				L
Mimosaceae	Acacia	kirkii		*				L
Mimosaceae	Acacia	laeta		*	#	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	linearoides		*	#	□	\$	L
Mimosaceae	Acacia	macrostachya		*	#	□	\$	%
Mimosaceae	Acacia	macrothyrsa		*				L
Mimosaceae	Acacia	mearnsii		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	mellifera		*				L
Mimosaceae	Acacia	monticola		*				L
Mimosaceae	Acacia	mountfordae		*				L
Mimosaceae	Acacia	nilotica	Acacia scorpiodes	*	#	□		L
Mimosaceae	Acacia	oerfota	Acacia nubica	*				L
Mimosaceae	Acacia	periflora		*				L
Mimosaceae	Acacia	polyacantha		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	rehmanianna		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	senegal		*	#	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	seyal		*	#	□	\$	%
Mimosaceae	Acacia	sieberiana		*	#	□		L
Mimosaceae	Acacia	sp.		*				L
Mimosaceae	Acacia	tortilis	Acacia raddiana	*	#	□	\$	%
Mimosaceae	Acacia	venosa		*				L
Euphorbiaceae	Acalypha	fruticosa		*	#			L
Euphorbiaceae	Acalypha	grandis		*	#			L
Euphorbiaceae	Acalypha	indica		*	#			L
Euphorbiaceae	Acalypha	pancheriana		*	#			L
Malpighiaceae	Acridocarpus	plagiopterus		*	#			L
Malpighiaceae	Acridocarpus	smeathmannii		*	#	□		L
Bombacaceae	Adansonia	digitata		*	#			L
Bombacaceae	Adansonia	grandidieri		*	#			L
Mimosaceae	Adenanthera	pavonina		*	#			SL
Passifloraceae	Adenia	venenata		*				L
Apocynaceae	Adenium	obesum		*				L
Rubiaceae	Adina	microcephala		*				L
Rutaceae	Aeglopsis	chevalieri		*				L
Rutaceae	Afraegle	paniculata		*	#			L
Zingiberaceae	Aframomum	latifolium		*	#			SL
Cyperaceae	Afrotrilepis	pilosa		*	#	□	\$	L
Caesalpiniaceae	Afzelia	africana		*	#	□	\$	L
Connaraceae	Agelaea	obliqua		*	#			L
Asteraceae	Ageratum	conyzoides		*	#			SL
Meliaceae	Aglaia	elaeanoidea		*				L
Mimosaceae	Albizzia	adanthifolia		*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	chevalieri		*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	coriaria		*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	ferruginea		*				L
Mimosaceae	Albizzia	flavovirens		*				L
Mimosaceae	Albizzia	glaberrima		*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	lebbeck		*	#	□		L
Mimosaceae	Albizzia	malacophylla	Albizzia boromoensis	*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	serianthes		*	#			L
Mimosaceae	Albizzia	zygia		*	#	\$		L
Euphorbiaceae	Alchornea	cordifolia		*	#			L
Euphorbiaceae	Alchornea	hirtella		*	#			L
Sapindaceae	Allophylus	africanus		*	#			L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME	
Sapindaceae	Allophylus	rubrifolius		L
Sapindaceae	Allophylus	spicatus		L
Alliaceae	Aloe	trichosantha		L
Apocynaceae	Alstonia	congensis		L
Fabaceae	Alysicarpus	rugosus	*	SL
Mimosaceae	Amblygonocarpus	andongensis		L
Vitaceae	Ampelocissus	leonensis	* #	SL
Chenopodiaceae	Anabasis	sp.	*	L
Anacardiaceae	Anacardium	occidentale	#	L
Fabaceae	Andira	inermis		L
Poaceae	Andropogon	pinguipes	*	SL
Annonaceae	Annona	arenaria		L
Annonaceae	Annona	glauca		L
Annonaceae	Annona	muricata		L
Annonaceae	Annona	senegalensis	* #	L
Combretaceae	Anogeissus	leiocarpus	* # □	L
Loganiaceae	Anthocleista	djalensis		L
Loganiaceae	Anthocleista	nobilis		L
Loganiaceae	Anthocleista	sp.	*	L
Loganiaceae	Anthocleista	vogelii		L
Caesalpiniaceae	Anthonia	crassifolia		L
Caesalpiniaceae	Anthonia	macrophylla		L
Euphorbiaceae	Anthostema	senegalense		L
Moraceae	Antiaris	africana	* # □	L
Euphorbiaceae	Antidesma	membranaceum	#	L
Euphorbiaceae	Antidesma	venosum	* #	L
Sapindaceae	Aphania	senegalensis		L
Aristolochiaceae	Aristolochia	albida		L
Asteraceae	Artemisia	campestris	*	SL
Moraceae	Artocarpus	altalis	*	L
Moraceae	Artocarpus	heterophyllus	*	L
Fabaceae	Astragalus	spinosus	*	SL
Chenopodiaceae	Atriplex	farinosa		L
Chenopodiaceae	Atriplex	sp.	*	L
Mimosaceae	Aubrevillea	kerstingii		L
Oxalidaceae	Averrhoa	carambola		L
Avicenniaceae	Avicennia	africana		L
Avicenniaceae	Avicennia	germinans	Avicennia africana	L
Avicenniaceae	Avicennia	marina	*	L
Meliaceae	Azadirachta	indica	* #	L
Apocynaceae	Baissea	multiflora	* #	L
Balanitaceae	Balanites	aegyptiaca	* # □ \$ %	L
Balanitaceae	Balanites	orbicularis		L
Balanitaceae	Balanites	sp.	*	L
Fabaceae	Baphia	pubescens		L
Barbeyaceae	Barbeya	oleoides		L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	cheilanta	*	L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	ellenbeckii		L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	petersiana	*	L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	rufescens	* # □	L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	sp.	*	L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	tomentosa		L
Caesalpiniaceae	Berlinia	grandiflora		L
Melanthaceae	Bersama	abyssinica		L
Bixaceae	Bixa	orellana		L
Asteraceae	Blepharispernum	villosum		L
Sapindaceae	Blighia	sapida	* #	L
Bombacaceae	Bombax	buonopozense		L
Bombacaceae	Bombax	costatum	* # \$ %	L
Arecaceae	Borassus	aethiopum		L
Capparidaceae	Boscia	angustifolia	* #	L
Capparidaceae	Boscia	coriacea		L
Capparidaceae	Boscia	salicifolia		L
Capparidaceae	Boscia	senegalensis	* # □ \$ %	L
Burseraceae	Boswellia	dalzielii		L
Burseraceae	Boswellia	sacra		L
Poaceae	Brachiaria	villosa	*	SL
Caesalpiniaceae	Brachystegia	boehmii	#	
Caesalpiniaceae	Brachystegia	spiciformis	#	
Euphorbiaceae	Breynia	disticha	* #	L
Euphorbiaceae	Bridelia	ferruginea	* # \$	L
Euphorbiaceae	Bridelia	micrantha		L
Euphorbiaceae	Bridelia	ndellensis		L
Euphorbiaceae	Bridelia	scleroneura	* #	L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME			
Euphorbiaceae	Bridelia	stenocarpa				L
Caesalpiniaceae	Burkea	africana		#	%	L
Buxaceae	Buxus	hildebrandtii				L
Samydaceae	Byrsanthus	brownii				L
Connaraceae	Byrsocarpus	coccineus				L
Capparidaceae	Cadaba	farinosa		*	#	L
Capparidaceae	Cadaba	glandulosa		*		L
Capparidaceae	Cadaba	heterotricha				L
Capparidaceae	Cadaba	longifolia				L
Capparidaceae	Cadaba	rotundifolia				L
Caesalpiniaceae	Caesalpinia	bonduc				L
Caesalpiniaceae	Caesalpinia	erianthera		*		L
Fabaceae	Cajanus	cajan		*	#	L
Arecaceae	Calamus	deerratus				L
Leguminosae	Calliandra	calothyrsus		*		L
Flacourtiaceae	Caloncoba	gilgiana				L
Asclepiadaceae	Calotropis	procera		*	#	%
Annonaceae	Cananga	odorata		*		SL
Rubiaceae	Canthium	horizontale				L
Rubiaceae	Canthium	pobeguinii				L
Rubiaceae	Canthium	subcordatum				L
Capparidaceae	Capparis	cartilaginea				L
Capparidaceae	Capparis	decidua		*	#	%
Capparidaceae	Capparis	fascicularis				L
Capparidaceae	Capparis	sepiaria	Capparis corymbosa	*	#	L
Capparidaceae	Capparis	tomentosa		*	#	L
Meliaceae	Carapa	procera				L
Caricaceae	Carica	papaya		*		L
Apocynaceae	Carissa	deflersii				L
Apocynaceae	Carissa	edulis				L
Apocynaceae	Carissa	friesiorum				L
Apocynaceae	Carissa	schimperi				L
Caesalpiniaceae	Cassia	absus			#	SL
Caesalpiniaceae	Cassia	alata				L
Caesalpiniaceae	Cassia	glauca				L
Caesalpiniaceae	Cassia	italica	Cassia obovata	*		SL
Caesalpiniaceae	Cassia	mimosoides		*	#	SL
Caesalpiniaceae	Cassia	nigricans		*		SL
Caesalpiniaceae	Cassia	obtusifolia	Cassia tora	*		SL
Caesalpiniaceae	Cassia	occidentalis		*		SL
Caesalpiniaceae	Cassia	pertersiana				L
Caesalpiniaceae	Cassia	podocarpa				L
Caesalpiniaceae	Cassia	senna				L
Caesalpiniaceae	Cassia	siamea		*	#	L
Caesalpiniaceae	Cassia	sieberiana		*	#	L
Caesalpiniaceae	Cassia	singueana				L
Caesalpiniaceae	Cassia	sp.		*		SL
Caesalpiniaceae	Cassia	spectabilis		*		SL
Rhizophoraceae	Cassipourea	congoensis				L
Lauraceae	Cassytha	filiformis				L
Casuarinaceae	Casuarina	equisetifolia				L
Mimosaceae	Cathormion	altissimum				L
Mimosaceae	Cathormion	eriorachis				L
Malphiaceae	Caucanthus	albidus				L
Bombacaceae	Ceiba	pentandra		*		L
Ulmaceae	Celtis	brownii				L
Ulmaceae	Celtis	integrifolia		*	#	L
Ulmaceae	Celtis	mildbraedii				L
Ulmaceae	Celtis	philippensis				L
Poaceae	Cenchrus	biflorus		*		SL
Rubiaceae	Cephaelis	peduncularis				L
Rhizophoraceae	Cerriops	tagal				L
Ulmaceae	Chaetacme	aristata				L
Amaranthaceae	Chionothrix	somalensis				L
Moraceae	Chlorophora	excelsa				L
Tiliaceae	Christiana	africana				L
Asteraceae	Chromolaena	odorata	Eupatorium odoratum		#	SL
Rosaceae	Chrysobalanus	icaco		*		L
Sapotaceae	Chrysophyllum	welwitschii				L
Vitaceae	Cissus	rufescens			#	SL
Rutaceae	Citrus	aurantium				L
Rutaceae	Citrus	reticulata				L
Rutaceae	Citrus	sinensis				L
Rutaceae	Clausena	anisata				L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Annonaceae	Cleistopholis	patens					L
Verbenaceae	Clerodendrum	capitatum			#		L
Verbenaceae	Clerodendrum	neumayeri					L
Verbenaceae	Clerodendrum	polycephalum					L
Verbenaceae	Clerodendrum	sinuatum					L
Verbenaceae	Clerodendrum	sp.		*			L
Verbenaceae	Clerodendrum	thyrsoideum					L
Verbenaceae	Clerodendrum	umbellatum					L
Euphorbiaceae	Clusia	abyssinica					L
Connaraceae	Cnestis	ferruginea					L
Cochlospermaceae	Cochlospermum	planchoni		*	#		SL
Cochlospermaceae	Cochlospermum	tinctorium		*	#		SL
Arecaceae	Cocos	nucifera					L
Menispermaceae	Coculus	pendulus		*			L
Leguminosae	Codariocalyx	gyroides		*			SL
Euphorbiaceae	Codiaeum	variegatum					L
Rubiaceae	Coffea	sp.		*			L
Cucurbitaceae	Cogniauxia	podolaena		*			SL
Sterculiaceae	Cola	caricaefolia					L
Sterculiaceae	Cola	cordifolia		*			L
Sterculiaceae	Cola	gigantea					L
Sterculiaceae	Cola	laurifolia					L
Sterculiaceae	Cola	nitida					L
Caesalpiniaceae	Colophospermum	mopane		*	#		L
Combretaceae	Combretum	aculeatum		*	#	%	L
Combretaceae	Combretum	collinum	Combretum hypopilinum	*	#		L
Combretaceae	Combretum	fragrans	Combretum ghasalense	*	#	%	L
Combretaceae	Combretum	geitonophyllum					L
Combretaceae	Combretum	glutinosum		*	#	\$ %	L
Combretaceae	Combretum	lamprocarpum					L
Combretaceae	Combretum	lecardii		*	#	%	L
Combretaceae	Combretum	micranthum		*	#	\$ %	L
Combretaceae	Combretum	molle	Combretum velutinum	*	#	%	L
Combretaceae	Combretum	mucronatum					L
Combretaceae	Combretum	nigricans		*	#	\$ %	L
Combretaceae	Combretum	paniculatum					L
Combretaceae	Combretum	racemosum					L
Combretaceae	Combretum	sp.		*			L
Combretaceae	Combretum	tomentosum					L
Combretaceae	Combretum	zenkeri					L
Commelinaceae	Commelina	blasse		*			SL
Burseraceae	Commiphora	africana		*	#	\$ %	L
Burseraceae	Commiphora	candidula					L
Burseraceae	Commiphora	cuspidata					L
Burseraceae	Commiphora	erythraea					L
Burseraceae	Commiphora	flaviflora					L
Burseraceae	Commiphora	gileadensis					L
Burseraceae	Commiphora	gowtello					L
Burseraceae	Commiphora	habessinica					L
Burseraceae	Commiphora	kerstingii					L
Burseraceae	Commiphora	kua					L
Burseraceae	Commiphora	madagascariensis					L
Burseraceae	Commiphora	molmol					L
Burseraceae	Commiphora	myrrha					L
Burseraceae	Commiphora	playfairii					L
Burseraceae	Commiphora	sp.		*			L
Combretaceae	Conocarpus	lanceifolius		*			L
Boraginaceae	Cordia	monoica					L
Boraginaceae	Cordia	myxa					L
Boraginaceae	Cordia	sinensis	Cordia rothii	*	#	\$ %	L
Caesalpiniaceae	Cordia	pinnata		*	#	\$ %	L
Capparidaceae	Courbonia	nummularifolia					L
Rubiaceae	Craterispermum	laurinum		*	#		L
Capparidaceae	Crateva	adansonii	Crateva religiosa	*			L
Leguminosae	Cratylia	argentea		*			L
Rubiaceae	Cremaspora	triflora					L
Rubiaceae	Crossopteryx	febrifuga		*	#	%	L
Fabaceae	Crotalaria	lachnosema					L
Fabaceae	Crotalaria	macrocalyx		*			SL
Fabaceae	Crotalaria	sp.		*	#		SL
Euphorbiaceae	Croton	macrostachyus					L
Euphorbiaceae	Croton	nigritanus					L
Euphorbiaceae	Croton	scarciensis					L
Euphorbiaceae	Croton	somaliensis					L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME						
Euphorbiaceae	Croton	zambesicus							L
Asclepiadaceae	Cryptolepis	sanguinolenta							L
Hypoxidaceae	Curculigo	pilosa					#		SL
Araliaceae	Cussonia	arborea	Cussonia barteri	*	#				L
Araliaceae	Cussonia	holstii							L
Araliaceae	Cussonia	kirkii							L
Cyatheaceae	Cyathea	manniana							L
Cycadaceae	Cycas	thouarsii		*					L
Dicrastylidaceae	Cyclocheilon	somaliense							L
Asclepiadaceae	Cynanchum	hastifolium							L
Caesalpiniaceae	Cynometra	vogelii							L
Poaceae	Dactyloctenium	aegyptium		*					SL
Fabaceae	Dalbergia	heudelotii							L
Fabaceae	Dalbergia	hostilis							L
Fabaceae	Dalbergia	melanoxylon		*	#	\$	%		L
Fabaceae	Dalbergia	saxatilis							L
Fabaceae	Dalbergia	sisoo			#				L
Fabaceae	Dalbergia	sp.							L
Caesalpiniaceae	Daniellia	oliveri		*	#	\$	%		L
Sapindaceae	Deinbollia	pinnata							L
Araliaceae	Delarbrea	paradoxa		*					L
Caesalpiniaceae	Delonix	elata							L
Caesalpiniaceae	Delonix	regia							L
Mimosaceae	Desmanthus	virgatus		*	#				L
Fabaceae	Desmodium	sp.		*					SL
Fabaceae	Desmodium	umbellatum		*	#				SL
Fabaceae	Desmodium	velutinum			#				SL
Fabaceae	Desmodium	verticillata		*	#				SL
Tiliaceae	Desplatsia	dewevrei							L
Caesalpiniaceae	Detarium	microcarpum		*	#	\$	%		L
Caesalpiniaceae	Detarium	senegalense			#				L
Caesalpiniaceae	Dialium	guineense		*	#				L
Mimosaceae	Dichrostachys	cinerea	Dichrostachys glomerata	*	#	\$	%		L
Dioscoreaceae	Dioscorea	bulbifera			#				SL
Dioscoreaceae	Dioscorea	togoensis			#				SL
Ebenaceae	Diospyros	abyssinica							L
Ebenaceae	Diospyros	elliottii							L
Ebenaceae	Diospyros	mespiliformis		*	#		%		L
Apocynaceae	Diplorhynchus	condylocarpon		*					L
Salvadoraceae	Dobera	glabra							L
Sapindaceae	Dodonaea	viscosa							L
Sterculiaceae	Dombeya	mastersii							L
Sterculiaceae	Dombeya	multiflora							L
Sterculiaceae	Dombeya	torrida							L
Flacourtiaceae	Dovyalis	zenkeri							L
Agavaceae	Dracaena	deistelliana							L
Agavaceae	Dracaena	ombet							L
Agavaceae	Dracaena	sp.							L
Agavaceae	Dracaena	surculosa							L
Fabaceae	Drepanocarpus	lunatus							L
Euphorbiaceae	Drypetes	gilgiana							L
Euphorbiaceae	Drypetes	ivorensis							L
Verbenaceae	Duranta	repens							L
Poaceae	Echinochloa	colona		*					SL
Periplocaceae	Ectadiopsis	oblongifolia							L
Meliaceae	Ekebergia	senegalensis			#				SL
Arecaceae	Elaeis	guineensis							L
Myrsinaceae	Embelia	djalonsensis							L
Myrsinaceae	Embelia	guineensis							L
Myrsinaceae	Embelia	rowlandii							L
Loranthaceae	Englerina	lecardii							L
Mimosaceae	Entada	abyssinica		*	#				L
Mimosaceae	Entada	africana			#				L
Mimosaceae	Entada	phaseoloides		*					L
Mimosaceae	Entada	wahlbergii		*					L
Ephedraceae	Ephedra	aphylla							L
Sapindaceae	Eriocoelum	kerstingii							L
Fabaceae	Eriosema	flemingoides			#				L
Fabaceae	Eriosema	glomeratum		*	#				SL
Fabaceae	Eriosema	psoraleoides		*	#				SL
Fabaceae	Erythrina	senegalensis		*					L
Fabaceae	Erythrina	sigmoidea							L
Fabaceae	Erythrina	sp.		*	#				L
Fabaceae	Erythrina	variegata		*	#				L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Caesalpiniaceae	Erythrophleum	africanum		#				L
Caesalpiniaceae	Erythrophleum	guineense						L
Erythroxylaceae	Erythroxylum	emarginatum						L
Myrtaceae	Eucalyptus	sp.		#				L
Myrtaceae	Eucalyptus	torrelliana						L
Ebenaceae	Euclea	racemosa						L
Myrtaceae	Eugenia	crossopterygoides						L
Myrtaceae	Eugenia	leonensis						L
Myrtaceae	Eugenia	nigerina						L
Myrtaceae	Eugenia	uniflora						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	arabica						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	balsamifera						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	cuneata						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	nubica						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	paganorum						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	poissonii						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	sudanica						L
Euphorbiaceae	Euphorbia	unispina						L
Rubiaceae	Fadogia	agrestis						L
Rubiaceae	Fadogia	cienkowski						L
Rubiaceae	Fadogia	erythrophloe						L
Rutaceae	Fagara	leprieurii						L
Mimosaceae	Faidherbia	albida	Acacia albida	*	#	¤	\$ %	L
Nyctaginaceae	Faurea	speciosa						L
Rubiaceae	Feretia	apodanthera	Feretia canthioides	*	#		\$ %	L
Moraceae	Ficus	abutifolia						L
Moraceae	Ficus	acrocarpa						L
Moraceae	Ficus	calyptata						L
Moraceae	Ficus	capreifolia						L
Moraceae	Ficus	congensis						L
Moraceae	Ficus	dekdena			#			L
Moraceae	Ficus	dicranostyla						L
Moraceae	Ficus	exasperata		*	#		\$	L
Moraceae	Ficus	glumosa		*	#			L
Moraceae	Ficus	ingens			#			L
Moraceae	Ficus	lecardii						L
Moraceae	Ficus	ovata						L
Moraceae	Ficus	platyphylla			#			L
Moraceae	Ficus	polita						L
Moraceae	Ficus	populifolia						L
Moraceae	Ficus	prolaxa		*	#			L
Moraceae	Ficus	salicifolia						L
Moraceae	Ficus	scott-elliottii						L
Moraceae	Ficus	sp.		*	#			L
Moraceae	Ficus	sur forsk	Ficus capensis	*	#		\$	L
Moraceae	Ficus	sycomorus	Ficus gnaphalocarpa	*	#	¤	\$	L
Moraceae	Ficus	thonningii		*	#			L
Moraceae	Ficus	umbellata						L
Moraceae	Ficus	vallis-choudae			#			L
Moraceae	Ficus	variifolia						L
Moraceae	Ficus	vasta						L
Moraceae	Ficus	verruculosa						L
Moraceae	Ficus	vogelii						L
Flacourtiaceae	Flacourtia	flavescens						L
Flacourtiaceae	Flacourtia	vogelii						L
Fabaceae	Flemingia	congesta		*	#			SL
Fabaceae	Flemingia	macrophylla		*	#			SL
Euphorbiaceae	Fluggea	virosa	Phyllanthus virosus, Securinega virosa	*	#	¤	\$ %	L
Apocynaceae	Funtumia	elastica						L
Rubiaceae	Gaertnera	paniculata						L
Clusiaceae	Garcinia	livingstonei						L
Rubiaceae	Gardenia	aqualla		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	erubescens		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	imperialis						L
Rubiaceae	Gardenia	lutea						L
Rubiaceae	Gardenia	sokotensis						L
Rubiaceae	Gardenia	sp.		*				L
Rubiaceae	Gardenia	ternifolia		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	triacantha		*				L
Caesalpiniaceae	Gleditschia	triacanthos		*				L
Aizoaceae	Glinus	lotoides		*	#			SL
Fabaceae	Giricidia	sepium		*	#			L
Euphorbiaceae	Glochidion	billardieri		*				L
Verbenaceae	Gmelina	arborea		*	#			L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME						
Verbenaceae	Gmelina	sp.		*					L
Malvaceae	Gossypium	arboreum							L
Tiliaceae	Grewia	barteri		*					L
Tiliaceae	Grewia	bicolor		*	#	□	%		L
Tiliaceae	Grewia	carpinifolia							L
Tiliaceae	Grewia	cissoides							L
Tiliaceae	Grewia	fallax							L
Tiliaceae	Grewia	flavescens			#				L
Tiliaceae	Grewia	lasiodiscus		*	#				L
Tiliaceae	Grewia	monticola		*	#				L
Tiliaceae	Grewia	sp.		*					L
Tiliaceae	Grewia	tembensis							L
Tiliaceae	Grewia	tenax		*	#				L
Tiliaceae	Grewia	velutina							L
Tiliaceae	Grewia	venusta	Grewia mollis	*	#	\$	%		L
Tiliaceae	Grewia	villosa		*	#				L
Caesalpiniaceae	Griffonia	simplicifolia		*					L
Caesalpiniaceae	Guibourtia	copallifera		*					L
Combretaceae	Guiera	senegalensis		*	#	□	\$	%	L
Asclepiadaceae	Gymnema	sylvestre							L
Hernandiaceae	Gyrocarpus	hababensis							L
Anacardiaceae	Haematostaphis	barteri		*	#				L
Rubiaceae	Hallea	stipulosa							L
Chenopodiaceae	Halocnemum	strobilaceum		*					SL
Chenopodiaceae	Hammada	scoparia		*					SL
Simaroubaceae	Hannoa	undulata		*	#				L
Sterculiaceae	Harmsia	sidoides							L
Simaroubaceae	Harrisonia	abyssinica		*	#				SL
Hypericaceae	Harungana	madagascariensis							L
Leguminosae	Hematoxylon	brasileto		*					L
Annonaceae	Hexalobus	monopetalus		*	#				L
Malvaceae	Hibiscus	asper		*					SL
Malvaceae	Hibiscus	rosa-sinensis							L
Malvaceae	Hibiscus	scotellii							L
Malvaceae	Hibiscus	sp.		*					L
Malvaceae	Hibiscus	sterculiifolius							L
Malvaceae	Hibiscus	tiliaceus		*					L
Convolvulaceae	Hildebrandtia	somalensis							L
Hippocrateaceae	Hippocratea	pallens							L
Apocynaceae	Holarrhena	floribunda		*	#				L
Lamiaceae	Hoslundia	opposita		*	#				SL
Linaceae	Hugonia	planchonii							L
Linaceae	Hugonia	sp.							L
Apocynaceae	Hunteria	elliottii							L
Violaceae	Hybanthus	enneaspermus			#				SL
Euphorbiaceae	Hymenocardia	acida		*	#				L
Euphorbiaceae	Hymenocardia	heudelotii							L
Euphorbiaceae	Hymenocardia	sp.		*					L
Caesalpiniaceae	Hymenostegia	afzelii							L
Poaceae	Hyparrhenia	rufa		*					SL
Arecaceae	Hyphaene	dankaliensis							L
Arecaceae	Hyphaene	sp.		*					L
Arecaceae	Hyphaene	thebaica		*	#	\$	%		L
Icacinaeae	Icacina	oliviformis	Icacina senegalensis	*	#				SL
Fabaceae	Indigofera	hirsuta		*					SL
Fabaceae	Indigofera	macrophylla							L
Fabaceae	Indigofera	oblongifolia		*					SL
Fabaceae	Indigofera	paniculata			#				SL
Fabaceae	Indigofera	polysphaera			#				SL
Fabaceae	Indigofera	sp.		*					SL
Fabaceae	Indigofera	stenophylla		*					SL
Fabaceae	Indigofera	trita							L
Convolvulaceae	Ipomoea	cicatricosa							L
Convolvulaceae	Ipomoea	donaldsonii							L
Convolvulaceae	Ipomoea	heterotricha			#				SL
Convolvulaceae	Ipomoea	spathulata							L
Convolvulaceae	Ipomoea	tinctoria			#				L
Caesalpiniaceae	Isobertlinia	dalzielii							L
Caesalpiniaceae	Isobertlinia	doka		*	#				L
Rubiaceae	Ixora	brachypoda							L
Poaceae	Jardinea	congoensis		*					SL
Oleaceae	Jasminum	dichotomum							L
Oleaceae	Jasminum	floribundum							L
Oleaceae	Jasminum	kerstingii							L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Oleaceae	Jasminum	pauciflorum					L
Oleaceae	Jasminum	sambac					L
Euphorbiaceae	Jatropha	chevalieri					L
Euphorbiaceae	Jatropha	curcas					L
Euphorbiaceae	Jatropha	glauca					L
Euphorbiaceae	Jatropha	gossypifolia					L
Euphorbiaceae	Jatropha	spinosa					L
Cupressaceae	Juniperus	procera					L
Rubiaceae	Keetia	cornelia	Canthium cornelia	#			L
Rubiaceae	Keetia	venosa	Canthium venosum	#			L
Meliaceae	Khaya	grandifoliola					L
Meliaceae	Khaya	senegalensis		*	#		L
Meliaceae	Khaya	sp.		*	#		L
Bignoniaceae	Kigelia	africana		*	#		L
Chenopodiaceae	Kochia	indica		*	#		SL
Apocynaceae	Landolphia	heudelotii					L
Apocynaceae	Landolphia	owariensis					L
Anacardiaceae	Lannea	acida		*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	barteri	Lannea kerstingii	*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	fruticosa		*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	humilis		*	#	\$ %	L
Anacardiaceae	Lannea	microcarpa		*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	schimperi					L
Anacardiaceae	Lannea	triphylla					L
Anacardiaceae	Lannea	velutina		*	#		L
Verbenaceae	Lantana	camara					L
Verbenaceae	Lantana	kisi					L
Verbenaceae	Lantana	petitiana					L
Rhamnaceae	Lasiodiscus	mannii					L
Lythraceae	Lawsonia	inermis					L
Sapindaceae	Lecaniodiscus	cupanioides					L
Vitaceae	Leea	guineensis			#		SL
Poaceae	Leersia	hexandra			#		SL
Rubiaceae	Leptactina	senegambica					L
Asclepiadaceae	Leptadenia	arborea					L
Asclepiadaceae	Leptadenia	hastata		*	#		SL
Asclepiadaceae	Leptadenia	pyrotechnica	Leptadenia spartium	*	#	\$ %	L
Asclepiadaceae	Leptadenia	sp.		*			L
Fabaceae	Leptoderris	brachyptera					L
Fabaceae	Leptoderris	fasciculata					L
Mimosaceae	Leucaena	leucocephala	Leucaena glauca	*	#		L
Mimosaceae	Leucaena	sp.		*			L
Plumbaginaceae	Limoniastrum	monopetalum		*			SL
Flacourtiaceae	Lindackeria	dentata					L
Verbenaceae	Lippia	multiflora		*	#		SL
Hippocrateaceae	Loeseneriella	africana					L
Fabaceae	Lonchocarpus	cyanescens			#		L
Fabaceae	Lonchocarpus	laxiflorus		*	#		L
Fabaceae	Lonchocarpus	sericeus					L
Ochnaceae	Lophira	alata					L
Ochnaceae	Lophira	lanceolata		*	#		L
Poaceae	Loudetia	simplex		*			SL
Solanaceae	Lycium	shawii					L
Euphorbiaceae	Macaranga	hurifolia		*			L
Rubiaceae	Macrophyra	longistyla					L
Capparidaceae	Maerua	angolensis		*	#		L
Capparidaceae	Maerua	crassifolia		*	#		L
Capparidaceae	Maerua	decumbens					L
Capparidaceae	Maerua	hillii					L
Capparidaceae	Maerua	macrantha					L
Capparidaceae	Maerua	oblongifolia		*	#		L
Capparidaceae	Maerua	sessiliflora					L
Capparidaceae	Maerua	sp.		*			L
Capparidaceae	Maerua	thomsonii					L
Myrsinaceae	Maesa	lanceolata		*	#		L
Sapotaceae	Malacantha	alnifolia	Malacantha heudelotiana		#		L
Malvaceae	Malachra	radiata					L
Euphorbiaceae	Mallotus	oppositifolius					L
Anacardiaceae	Mangifera	indica		*	#		L
Sapotaceae	Manilkara	multinervis					L
Sterculiaceae	Mansonina	altissima					L
Euphorbiaceae	Maprounea	africana					L
Euphorbiaceae	Mareya	micrantha					L
Euphorbiaceae	Margaritaria	discoidea	Phyllanthus discoideus	*	#	\$	L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Bignoniaceae	Markhamia	acuminata		*				L
Bignoniaceae	Markhamia	sp.		*				L
Bignoniaceae	Markhamia	tomentosa						L
Celastraceae	Maytenus	arbutifolia						L
Celastraceae	Maytenus	heterophylla						L
Celastraceae	Maytenus	ovatus						L
Celastraceae	Maytenus	senegalensis	Gymnosporia senegalensis	*	#	\$	%	L
Celastraceae	Maytenus	sp.		*				L
Celastraceae	Maytenus	undatus						L
Meliaceae	Melia	azedarach						L
Sterculiaceae	Melochia	odorata		*	#			SL
Melastomataceae	Memecylon	cinnamomoides						L
Caesalpiniaceae	Mezoneuron	benthamianum						L
Asteraceae	Mikania	cordata						L
Fabaceae	Millettia	chrysophylla						L
Fabaceae	Millettia	rhodantha						L
Fabaceae	Millettia	thonningii						L
Fabaceae	Millettia	zechiana						L
Mimosaceae	Mimosa	invisa		*	#			L
Mimosaceae	Mimosa	pigra		*	#			L
Sapotaceae	Mimusops	degan						L
Sapotaceae	Mimusops	kummel						L
Rubiaceae	Mitragyna	ciliata						L
Rubiaceae	Mitragyna	inermis		*	#			L
Rubiaceae	Mitragyna	sp.		*				L
Fabaceae	Moghania	faginea						L
Acanthaceae	Monechma	depauperatum						SL
Annonaceae	Monodora	tenuifolia						L
Dipterocarpaceae	Monotes	kerstingii						L
Rubiaceae	Morelia	senegalensis			#			L
Rubiaceae	Morinda	citrifolia		*	#			L
Rubiaceae	Morinda	geminata						L
Rubiaceae	Morinda	lucida		*	#			L
Moringaceae	Moringa	oleifera			#			L
Moringa	Moringa	peregrina						L
Moraceae	Morus	mesozygia						L
Moraceae	Morus	sp.		*				L
Fabaceae	Mucuna	platyphylla		*	#			SL
Fabaceae	Mundulea	sericea						L
Rutaceae	Murraya	exotica						L
Rubiaceae	Mussaenda	arcuata						L
Rubiaceae	Mussaenda	erythrophylla						L
Moraceae	Myrianthus	arboreus						L
Moraceae	Myrianthus	serratus						L
Lecythidaceae	Napoleona	vogelii						L
Rubiaceae	Nauclea	latifolia	Sarcosephalus latifolius	*	#			L
Rubiaceae	Nauclea	pobeguinii						L
Euphorbiaceae	Neoboutonia	velutina						L
Rosaceae	Neocarya	macrophylla			#			L
Mimosaceae	Neptunia	oleracea		*				SL
Apocynaceae	Nerium	oleander						L
Bignoniaceae	Newbouldia	laevis			#			L
Zygophyllaceae	Nitraria	retusa		*				SL
Loganiaceae	Nuxia	oppositifolia						L
Ochnaceae	Ochna	afzelii						L
Ochnaceae	Ochna	inermis						L
Ochnaceae	Ochna	rhizomatosa						L
Resedaceae	Ochradenus	baccatus						L
Oleaceae	Olax	subscorpioidea			#			L
Oleaceae	Olea	africana						L
Oleaceae	Olea	europaea		*				L
Flacourtiaceae	Oncoba	spinosa						L
Opiliaceae	Opilia	celtidifolia			#			L
Fabaceae	Ormocarpum	trichocarpum						L
Poaceae	Oryza	longistaminata		*				SL
Fabaceae	Ostryoderris	stuhlmannii						L
Ochnaceae	Ouratea	morsonii	Idermia morsonii	*	#			SL
Rubiaceae	Oxyanthus	racemosus						L
Asclepiadaceae	Oxystelma	bornouense						L
Poaceae	Oxytenanthera	abyssinica		*	#			L
Anacardiaceae	Ozoroa	insignis	Heeria insignis	*	#	□		L
Anacardiaceae	Ozoroa	pulcherrima						L
Sapotaceae	Pachystela	brevipes						L
Sapotaceae	Pachystela	pobeguiniana						L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Sapotaceae	Pachystela	spinosa					L
Sapindaceae	Pancovia	bijuga					L
Pandanaceae	Pandanus	candelabrum					L
Pandanaceae	Pandanus	odoratissimus					L
Amaranthaceae	Pandiaka	angustifolia	Pandiaka heudelotii	#			SL
Amaranthaceae	Pandiaka	malleifera					L
Poaceae	Panicum	maximum		*			SL
Sapindaceae	Pappea	capensis					L
Rosaceae	Parinari	congensis					L
Rosaceae	Parinari	curatellifolia		*	#	□ \$	L
Rosaceae	Parinari	kerstingii					L
Rosaceae	Parinari	macrophylla					L
Rosaceae	Parinari	polyandra					L
Mimosaceae	Parkia	africana					L
Mimosaceae	Parkia	biglobosa		*	#	□ \$	L
Mimosaceae	Parkia	filicoidea					L
Mimosaceae	Parkia	oblongifolia		*			L
Mimosaceae	Parkia	occidentalis		*			L
Mimosaceae	Parkia	sp.					L
Caesalpiniaceae	Parkinsonia	aculeata		*	#		L
Caesalpiniaceae	Parkinsonia	scioana					L
Bignoniaceae	Parmentiera	alata					L
Asclepiadaceae	Parquetina	nigrescens	Parquetina gabonica	#			L
Sapindaceae	Paullinia	pinnata		*	#		L
Rubiaceae	Pavetta	cinereifolia					L
Rubiaceae	Pavetta	corymbosa					L
Rubiaceae	Pavetta	crassipes			#		L
Rubiaceae	Pavetta	gardeniifolia					L
Rubiaceae	Pavetta	lasioclada					L
Rubiaceae	Pavetta	oblongifolia		*	#		L
Malvaceae	Pavonia	patens					L
Leguminosae	Peltoforum	ferrugineum		*			SL
Fabaceae	Pericopsis	laxiflora	Afrormosia laxiflora	*	#	\$	L
Lauraceae	Persea	americana		*			L
Leguminosae	Petalostylis	labichoides		*			L
Arecaceae	Phoenix	dactylifera					L
Arecaceae	Phoenix	reclinata					L
Euphorbiaceae	Phyllanthus	muellerianus		*	#		L
Euphorbiaceae	Phyllanthus	reticulatus					L
Caesalpiniaceae	Piliostigma	reticulatum	Bauhinia reticulata	*	#	□	L
Caesalpiniaceae	Piliostigma	sp.		*			L
Caesalpiniaceae	Piliostigma	thonningii	Bauhinia thonningii	*	#	□ \$	L
Urticaceae	Pipturus	argenteus		*			L
Anacardiaceae	Pistacia	chinensis					L
Anacardiaceae	Pistacia	lentiscus					L
Mimosaceae	Pithecellobium	dulce		*	#	□	L
Mimosaceae	Pithecellobium	saman		*			L
Mimosaceae	Pithecellobium	sp.		*			L
Plumbaginaceae	Plumbago	zeylanica					L
Apocynaceae	Plumeria	rubra					L
Podocarpaceae	Podocarpus	sp.					L
Sapindaceae	Podonophelium	homei		*			L
Rubiaceae	Polysphaeria	arbuscula					L
Fabaceae	Pongamia	pinnata					L
Rubiaceae	Pouchetia	africana					L
Verbenaceae	Premna	integrifolia		*			SL
Verbenaceae	Premna	angolensis					L
Verbenaceae	Premna	lucens					L
Verbenaceae	Premna	resinosa					L
Mimosaceae	Prosopis	africana		*	#	\$ %	L
Mimosaceae	Prosopis	juliflora	Prosopis chilensis	*			L
Mimosaceae	Prosopis	pallida		*	#		L
Mimosaceae	Prosopis	sp.		*		□	L
Proteaceae	Protea	angolensis					L
Proteaceae	Protea	elliottii					L
Rosaceae	Prunus	persica					L
Fabaceae	Pseudarthria	confertiflora					L
Fabaceae	Pseudarthria	hookeri		*	#		SL
Meliaceae	Pseudocedrela	kotschyi		*	#		L
Anacardiaceae	Pseudospondias	microcarpa					L
Asteraceae	Psidium	incana					L
Myrtaceae	Psidium	guajava					L
Hypericaceae	Psorospermum	febrifugum		*	#		L
Hypericaceae	Psorospermum	glaberrimum			#		L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Hypericaceae	Psorospermum	senegalense						L
Hypericaceae	Psorospermum	sp.			#			L
Rubiaceae	Psychotria	obscura						L
Rubiaceae	Psychotria	peduncularis						L
Rubiaceae	Psychotria	psychotrioides						L
Rubiaceae	Psychotria	venosa						L
Rubiaceae	Psychotria	vogeliana						L
Combretaceae	Pteleopsis	suberosa			*	#	%	L
Fabaceae	Pterocarpus	erinaceus			*	#	\$ %	L
Fabaceae	Pterocarpus	indicus			*	#		L
Fabaceae	Pterocarpus	lucens			*	#	\$ %	L
Fabaceae	Pterocarpus	santalinoides			*	#		L
Fabaceae	Pterocarpus	sp.						L
Fabaceae	Pueraria	lobata	Pueraria thumbergiana		*	#		SL
Punicaceae	Punica	granatum						L
Icacinaceae	Pyrenacantha	vogeliana						L
Combretaceae	Quisqualis	indica						L
Rubiaceae	Randia	malleifera						L
Arecaceae	Raphia	sudanica						L
Asclepiadaceae	Raphionacme	keayii						L
Icacinaceae	Raphiostylis	beninensis						L
Fabaceae	Retama	retam			*			SL
Rhamnaceae	Rhammus	staddo						L
Bignoniaceae	Rhigozum	somalense			*			L
Rhizophoraceae	Rhizophora	racemosa						L
Rhizophoraceae	Rhizophora	sp.			*			L
Anacardiaceae	Rhus	abyssinica						L
Anacardiaceae	Rhus	natalensis						L
Anacardiaceae	Rhus	retinorrhoea						L
Anacardiaceae	Rhus	tenuinervis						L
Anacardiaceae	Rhus	tripartita	Rhus pulcherrima		*			L
Fabaceae	Rhynchosia	abyssinica			*	#		SL
Fabaceae	Rhynchosia	nyasica				#		SL
Capparidaceae	Ritchiea	reflexa						L
Rubiaceae	Rothmannia	longiflora						L
Acanthaceae	Ruellia	patula						L
Acanthaceae	Ruellia	praetermissa						L
Acanthaceae	Rungia	eristachya						L
Rubiaceae	Rytigynia	canthioides						L
Rubiaceae	Rytigynia	senegalensis						L
Apocynaceae	Saba	senegalensis			*	#		L
Rubiaceae	Sabicea	brevipes						L
Poaceae	Saccharum	spontaneum			*			SL
Hippocrateaceae	Salacia	chlorantha						L
Hippocrateaceae	Salacia	guineensis			*	#		SL
Hippocrateaceae	Salacia	pallens						L
Hippocrateaceae	Salacia	senegalensis			*	#		L
Salicaceae	Salix	ledermannii						L
Chenopodiaceae	Salsola	baryosma	Salsola foetida		*			L
Chenopodiaceae	Salsola	sp.			*			L
Salvadoraceae	Salvadora	persica			*	#	\$ %	L
Mimosaceae	Samanea	dinklagei				#		L
Mimosaceae	Samanea	saman	Albizia flavovirens		*	#		L
Connaraceae	Santaloides	afzelii						L
Euphorbiaceae	Sapium	ellipticum						L
Euphorbiaceae	Sapium	guineense						L
Asclepiadaceae	Sarcostemma	viminale						L
Acanthaceae	Satanocrater	paradoxa						L
Poaceae	Schizachyrium	exile			*			SL
Anacardiaceae	Sclerocarya	birrea			*	#	\$ %	L
Asteraceae	Scolymus	hispanicus			*			SL
Rhamnaceae	Scutia	myrtina						L
Asteraceae	Secamone	afzelii				#		SL
Polygalaceae	Securidaca	longepedunculata			*	#	\$ %	L
Leguminosae	Serianthes	sachetae			*			SL
Rubiaceae	Sericanthe	chevalieri						L
Fabaceae	Sesbania	grandiflora			*	#		L
Fabaceae	Sesbania	rostrata	Sesbania pachycarpa		*	#		SL
Fabaceae	Sesbania	sesban			*			SL
Fabaceae	Sesbania	sp.			*	#		L
Malvaceae	Sida	rhombifolia				#		SL
Malvaceae	Sida	urens				#		SL
Sapotaceae	Sideroxylon	buxifolium						L
Hippocrateaceae	Simirestis	atractaspis						L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME		
Buxaceae	Simmondsia	chinensis			L
Passifloraceae	Smeathmannia	pubescens			L
Solanaceae	Solanum	campylacanthum			L
Solanaceae	Solanum	mauritianum	*	#	L
Solanaceae	Solanum	melastomoides			L
Solanaceae	Solanum	renschii			L
Solanaceae	Solanum	torvum		#	SL
Anacardiaceae	Sorindeia	juglandifolia			L
Rubiaceae	Spermacoce	ruelliae	Borreria scabra	#	SL
Anacardiaceae	Spondias	dulcis			L
Anacardiaceae	Spondias	mombin	*	# □ \$	L
Apiaceae	Steganotaenia	araliacea			L
Sterculiaceae	Sterculia	africana			L
Sterculiaceae	Sterculia	setigera	*	#	L
Sterculiaceae	Sterculia	tragacantha		#	L
Bignoniaceae	Stereospermum	kunthianum	*	#	L
Apocynaceae	Strophanthus	sarmentosus	*	#	L
Loganiaceae	Strychnos	cuminodora			L
Loganiaceae	Strychnos	innocua	*	#	L
Loganiaceae	Strychnos	sp.			L
Loganiaceae	Strychnos	spinosa	*	# \$ %	L
Fabaceae	Stylosanthes	fruticosa	*		SL
Caesalpiniaceae	Swartzia	madagascariensis			L
Myrtaceae	Syzygium	guineense	*	#	L
Bignoniaceae	Tabebuia	rosea			L
Periplocaceae	Tacazzea	apiculata			L
Caesalpiniaceae	Tamarindus	indica	*	#	L
Tamaricaceae	Tamarix	aphylla			L
Tamaricaceae	Tamarix	gallica	*		L
Tamaricaceae	Tamarix	nilotica			L
Tamaricaceae	Tamarix	senegalensis	*		L
Tamaricaceae	Tamarix	sp.	*		L
Loranthaceae	Tapinanthus	bangwensis			L
Loranthaceae	Tapinanthus	dodoneifolius			L
Loranthaceae	Tapinanthus	pentagonia			L
Chailletiaceae	Tapura	fischeri			L
Asteraceae	Tarchonanthus	camphoratus	*		L
Rubiaceae	Tarenna	graveolens			L
Rutaceae	Teclea	nobilis			L
Rutaceae	Teclea	pilosa			L
Bignoniaceae	Tecoma	stans			L
Bignoniaceae	Tecomella	undulata			L
Verbenaceae	Tectona	grandis			L
Fabaceae	Tephrosia	bracteolata	*	#	SL
Fabaceae	Tephrosia	elegans	*	#	SL
Fabaceae	Tephrosia	flemingioides	*		SL
Fabaceae	Tephrosia	linearis	*		SL
Fabaceae	Tephrosia	lupinifolia	*		SL
Fabaceae	Tephrosia	pedicellata	*		SL
Fabaceae	Tephrosia	platycarpa		#	SL
Fabaceae	Tephrosia	purpurea	*		SL
Fabaceae	Tephrosia	vogelii	*	#	SL
Combretaceae	Terminalia	albida		#	L
Combretaceae	Terminalia	arjuna			L
Combretaceae	Terminalia	avicennioides	*	# \$ %	L
Combretaceae	Terminalia	brevipes			L
Combretaceae	Terminalia	brownii	*		L
Combretaceae	Terminalia	catappa			L
Combretaceae	Terminalia	chebula			L
Combretaceae	Terminalia	dewevrei			L
Combretaceae	Terminalia	glaucescens	*	#	L
Combretaceae	Terminalia	ivorensis			L
Combretaceae	Terminalia	laxiflora	*	#	L
Combretaceae	Terminalia	macroptera	*	# \$ %	L
Combretaceae	Terminalia	mollis			L
Combretaceae	Terminalia	orbicularis			L
Combretaceae	Terminalia	sericea		#	L
Combretaceae	Terminalia	sp.			L
Dilleniaceae	Tetracera	alnifolia	*	#	L
Mimosaceae	Tetrapleura	tetraptera	*		L
Euphorbiaceae	Tetrorchidium	didymostemon	*		SL
Poaceae	Themeda	gigantea	*		L
Malvaceae	Thespesia	populnea			L
Apocynaceae	Thevetia	peruviana			L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des genres et espèces**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Acanthaceae	Thunbergia	guerkeana						L
Asteraceae	Tithonia	diversifolia						L
Apiaceae	Trachyspermum	copticum						L
Ulmaceae	Trema	orientalis	Trema guineensis		#			L
Rubiaceae	Tricalysia	okelensis						L
Meliaceae	Trichilia	emetica	Trichilia roka	*	#			L
Meliaceae	Trichilia	prieureana						L
Boraginaceae	Trichodesma	trichodesmoides						L
Anacardiaceae	Trichoscypha	yapoensis						L
Menispermaceae	Triclisia	subcordata						L
Tiliaceae	Triumfetta	cordifolia		*	#			SL
Tiliaceae	Triumfetta	flavescens						L
Tiliaceae	Triumfetta	jaegeri						L
Tiliaceae	Triumfetta	pentandra		*				SL
Tiliaceae	Triumfetta	tomentosa						L
Leguminosae	Ttipuana	tipu		*				SL
Meliaceae	Turraea	heterophylla						L
Asclepiadaceae	Tylophora	sylvatica						L
Euphorbiaceae	Uapaca	heudelotii						L
Euphorbiaceae	Uapaca	togoensis						L
Fabaceae	Uaria	picta			#			SL
Malvaceae	Urena	lobata			#			SL
Loganiaceae	Usteria	guineensis		*				L
Annonaceae	Uvaria	anonoides						L
Annonaceae	Uvaria	chamae		*				L
Annonaceae	Uvaria	ovata						L
Annonaceae	Uvaria	sofa						L
Rubiaceae	Vangueriopsis	discolor						L
Boraginaceae	Vaupelia	hispida						L
Rutaceae	Vepris	glomerata						L
Asteraceae	Vernonia	amygdalina						L
Asteraceae	Vernonia	cistifolia						L
Asteraceae	Vernonia	colorata			#			L
Asteraceae	Vernonia	conferta		*				SL
Asteraceae	Vernonia	guineensis		*	#			SL
Asteraceae	Vernonia	tenoreana						L
Sapotaceae	Vitellaria	paradoxa	Butyrospermum paradoxum	*	#	\$	%	L
Verbenaceae	Vitex	chrysocarpa		*				L
Verbenaceae	Vitex	doniana	Vitex cuneata	*	#	□		L
Verbenaceae	Vitex	madiensis		*	#	\$	%	L
Verbenaceae	Vitex	oxycuspis						L
Verbenaceae	Vitex	simplicifolia		*	#			L
Vitaceae	Vitis	vinifera						L
Apocynaceae	Voacanga	africana						L
Apocynaceae	Voacanga	thouarsii						L
Sterculiaceae	Waltheria	indica	Waltheria americana		#			SL
Malvaceae	Wissadula	amplissima			#			SL
Arecaceae	Wissmannia	carinensis						L
Lythraceae	Woodfordia	uniflora						L
Rubiaceae	Xeromphis	nilotica						L
Fabaceae	Xeroderis	stuhlmannii			#			L
Oleaceae	Ximenia	americana		*	#	\$	%	L
Annonaceae	Xylopia	parviflora						L
Xyridaceae	Xyris	barteri						L
Sapindaceae	Zanha	golungensis						L
Rutaceae	Zanthoxylum	gilletii						L
Rutaceae	Zanthoxylum	zanthoxyloides	Fagara zanthoxyloides		#			L
Rhamnaceae	Ziziphus	abyssinica		*	#			L
Rhamnaceae	Ziziphus	lotus						L
Rhamnaceae	Ziziphus	mauritanica		*	#	□	\$ %	L
Rhamnaceae	Ziziphus	mucronata		*	#			L
Rhamnaceae	Ziziphus	sp.				□		L
Rhamnaceae	Ziziphus	spina-christi						L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Acanthaceae	Monechma	depauperatum						SL
Acanthaceae	Ruellia	patula						L
Acanthaceae	Ruellia	praetermissa						L
Acanthaceae	Rungia	eristachya						L
Acanthaceae	Satanocrater	paradoxa						L
Acanthaceae	Thunbergia	guerkeana						L
Agavaceae	Dracaena	deisteliana						L
Agavaceae	Dracaena	ombet						L
Agavaceae	Dracaena	sp.						L
Agavaceae	Dracaena	surculosa						L
Aizoceae	Glinus	lotoides			*	#		SL
Alliaceae	Aloe	trichosantha						L
Amaranthaceae	Chionothrix	somalensis						L
Amaranthaceae	Pandiaka	angustifolia	Pandiaka heudelotii			#		SL
Amaranthaceae	Pandiaka	malleifera						L
Anacardiaceae	Anacardium	occidentale				#		L
Anacardiaceae	Haematostaphis	barteri			*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	acida			*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	barteri	Lannea kerstingii		*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	fruticosa			*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	humilis				#	\$ %	L
Anacardiaceae	Lannea	microcarpa			*	#		L
Anacardiaceae	Lannea	schimperi						L
Anacardiaceae	Lannea	triphylla						L
Anacardiaceae	Lannea	velutina			*	#		L
Anacardiaceae	Mangifera	indica			*	#		L
Anacardiaceae	Ozoroa	insignis	Heeria insignis		*	#	□	L
Anacardiaceae	Ozoroa	pulcherrima						L
Anacardiaceae	Pistacia	chinensis						L
Anacardiaceae	Pistacia	lentiscus						L
Anacardiaceae	Pseudospondias	microcarpa						L
Anacardiaceae	Rhus	abyssinica						L
Anacardiaceae	Rhus	natalensis						L
Anacardiaceae	Rhus	retinorrhoea						L
Anacardiaceae	Rhus	tenuinervis						L
Anacardiaceae	Rhus	tripartita	Rhus pulcherrima		*			L
Anacardiaceae	Sclerocarya	birrea			*	#	□ \$ %	L
Anacardiaceae	Sorindeia	juglandifolia						L
Anacardiaceae	Spondias	dulcis						L
Anacardiaceae	Spondias	mombin			*	#	□ \$	L
Anacardiaceae	Trichoscypha	yapoensis						L
Annonaceae	Annona	arenaria						L
Annonaceae	Annona	glauca						L
Annonaceae	Annona	muricata						L
Annonaceae	Annona	senegalensis			*	#		L
Annonaceae	Cananga	odorata			*			SL
Annonaceae	Cleistopholis	patens						L
Annonaceae	Hexalobus	monopetalus			*	#		L
Annonaceae	Monodora	tenuifolia						L
Annonaceae	Uvaria	anonoides						L
Annonaceae	Uvaria	chamae			*			L
Annonaceae	Uvaria	ovata						L
Annonaceae	Uvaria	sofa						L
Annonaceae	Xylopia	parviflora						L
Apiaceae	Steganotaenia	araliacea						L
Apiaceae	Trachyspermum	copticum						L
Apocynaceae	Adenium	obesum						L
Apocynaceae	Alstonia	congensis						L
Apocynaceae	Baissea	multiflora			*	#		L
Apocynaceae	Carissa	deflersii						L
Apocynaceae	Carissa	edulis						L
Apocynaceae	Carissa	friesiorum						L
Apocynaceae	Carissa	schimperi						L
Apocynaceae	Diplorhynchus	condylocarpon			*			L
Apocynaceae	Funtumia	elastica						L
Apocynaceae	Holarrhena	floribunda			*	#		L
Apocynaceae	Hunteria	elliottii						L
Apocynaceae	Landolphia	heudelotii						L
Apocynaceae	Landolphia	owariensis						L
Apocynaceae	Nerium	oleander						L
Apocynaceae	Plumeria	rubra						L
Apocynaceae	Saba	senegalensis			*	#		L
Apocynaceae	Strophanthus	sarmentosus			*	#		L
Apocynaceae	Thevetia	peruviana						L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Apocynaceae	Voacanga	africana						L
Apocynaceae	Voacanga	thouarsii						L
Araliaceae	Cussonia	arborea	Cussonia barteri	*	#			L
Araliaceae	Cussonia	holstii						L
Araliaceae	Cussonia	kirkii						L
Arecaceae	Borassus	aethiopum						L
Arecaceae	Calamus	deerratus						L
Arecaceae	Cocos	nucifera						L
Arecaceae	Elaeis	guineensis						L
Arecaceae	Hyphaene	dankaliensis						L
Arecaceae	Hyphaene	sp.		*				L
Arecaceae	Hyphaene	thebaica		*	#	\$	%	L
Arecaceae	Phoenix	dactylifera						L
Arecaceae	Phoenix	reclinata						L
Arecaceae	Raphia	sudanica						L
Arecaceae	Wissmannia	carinensis						L
Araliaceae	Delarbrea	paradoxa		*				L
Aristolochiaceae	Aristolochia	albida		*	#	\$	%	L
Asclepiadaceae	Calotropis	procera		*	#	\$	%	L
Asclepiadaceae	Cryptolepis	sanguinolenta						L
Asclepiadaceae	Cynanchum	hastifolium						L
Asclepiadaceae	Gymnema	sylvestre						L
Asclepiadaceae	Leptadenia	arborea						L
Asclepiadaceae	Leptadenia	hastata		*	#			SL
Asclepiadaceae	Leptadenia	pyrotechnica	Leptadenia spartium	*	#	\$	%	L
Asclepiadaceae	Leptadenia	sp.		*				L
Asclepiadaceae	Oxystelma	bornouense						L
Asclepiadaceae	Parquetina	nigrescens	Parquetina gabonica		#			L
Asclepiadaceae	Raphionacme	keayii						L
Asclepiadaceae	Sarcostemma	viminale						L
Asclepiadaceae	Tylophora	sylvatica						L
Asteraceae	Ageratum	conyzoides			#			SL
Asteraceae	Artemisia	campestris		*				SL
Asteraceae	Blepharispernum	villosum						L
Asteraceae	Chromolaena	odorata	Eupatorium odoratum		#			SL
Asteraceae	Mikania	cordata						L
Asteraceae	Psiadia	incana						L
Asteraceae	Scolymus	hispanicus		*				SL
Asteraceae	Secamone	afzelii			#			SL
Asteraceae	Tarchonanthus	camphoratus		*				L
Asteraceae	Tithonia	diversifolia						L
Asteraceae	Vernonia	amygdalina						L
Asteraceae	Vernonia	cistifolia						L
Asteraceae	Vernonia	colorata			#			L
Asteraceae	Vernonia	conferta		*				SL
Asteraceae	Vernonia	guineensis		*	#			SL
Asteraceae	Vernonia	tenoreana						L
Avicenniaceae	Avicennia	africana	Avicennia africana	*				L
Avicenniaceae	Avicennia	germinans		*				L
Avicenniaceae	Avicennia	marina		*				L
Balanitaceae	Balanites	aegyptiaca		*	#	\$	%	L
Balanitaceae	Balanites	orbicularis		*				L
Balanitaceae	Balanites	sp.		*				L
Barbeyaceae	Barbeya	oleoides						L
Bignoniaceae	Kigelia	africana		*	#			L
Bignoniaceae	Markhamia	acuminata		*				L
Bignoniaceae	Markhamia	sp.		*				L
Bignoniaceae	Markhamia	tomentosa						L
Bignoniaceae	Newbouldia	laevis			#			L
Bignoniaceae	Parmentiera	alata						L
Bignoniaceae	Rhigozum	somalense		*				L
Bignoniaceae	Stereospermum	kunthianum		*	#			L
Bignoniaceae	Tabebuia	rosea						L
Bignoniaceae	Tecoma	stans						L
Bignoniaceae	Tecomella	undulata						L
Bixaceae	Bixa	orellana						L
Bombacaceae	Adansonia	digitata		*	#	\$	%	L
Bombacaceae	Adansonia	grandidieri		*				L
Bombacaceae	Bombax	buonopozense						L
Bombacaceae	Bombax	costatum		*	#	\$	%	L
Bombacaceae	Ceiba	pentandra		*				L
Boraginaceae	Cordia	monoica						L
Boraginaceae	Cordia	myxa						L
Boraginaceae	Cordia	sinensis	Cordia rothii	*	#	\$	%	L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME						
Boraginaceae	Trichodesma	trichodesmoides							L
Boraginaceae	Vaupelia	hispida							L
Burseraceae	Boswellia	dalzielii							L
Burseraceae	Boswellia	sacra							L
Burseraceae	Commiphora	africana		*	#	\$	%		L
Burseraceae	Commiphora	candidula							L
Burseraceae	Commiphora	cuspidata							L
Burseraceae	Commiphora	erythraea							L
Burseraceae	Commiphora	flaviflora							L
Burseraceae	Commiphora	gileadensis							L
Burseraceae	Commiphora	gowellei							L
Burseraceae	Commiphora	habessinica							L
Burseraceae	Commiphora	kerstingii							L
Burseraceae	Commiphora	kua							L
Burseraceae	Commiphora	madagascariensis							L
Burseraceae	Commiphora	molmol							L
Burseraceae	Commiphora	myrrha							L
Burseraceae	Commiphora	playfairii							L
Burseraceae	Commiphora	sp.		*					L
Buxaceae	Buxus	hildebrandtii							L
Buxaceae	Simmondsia	chinensis							L
Caesalpiniaceae	Afzelia	africana		*	#	□	\$		L
Caesalpiniaceae	Anthonotha	crassifolia							L
Caesalpiniaceae	Anthonotha	macrophylla							L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	cheilanta		*					L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	ellenbeckii							L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	petersiana		*					L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	rufescens		*	#	□			L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	sp.		*					L
Caesalpiniaceae	Bauhinia	tomentosa							L
Caesalpiniaceae	Berlinia	grandiflora							L
Caesalpiniaceae	Brachystegia	boehmii			#				
Caesalpiniaceae	Brachystegia	spiciformis			#				
Caesalpiniaceae	Burkea	africana			#		%		L
Caesalpiniaceae	Caesalpinia	bonduc							L
Caesalpiniaceae	Caesalpinia	erianthera		*					L
Caesalpiniaceae	Cassia	absus			#				SL
Caesalpiniaceae	Cassia	alata							L
Caesalpiniaceae	Cassia	glauca							L
Caesalpiniaceae	Cassia	italica	Cassia obovata	*					SL
Caesalpiniaceae	Cassia	mimosoides		*	#				SL
Caesalpiniaceae	Cassia	nigricans		*					SL
Caesalpiniaceae	Cassia	obtusifolia	Cassia tora	*		□			SL
Caesalpiniaceae	Cassia	occidentalis		*					SL
Caesalpiniaceae	Cassia	petersiana							L
Caesalpiniaceae	Cassia	podocarpa							L
Caesalpiniaceae	Cassia	senna							L
Caesalpiniaceae	Cassia	siamea		*	#				L
Caesalpiniaceae	Cassia	sieberiana		*	#				L
Caesalpiniaceae	Cassia	singueana							L
Caesalpiniaceae	Cassia	sp.		*					SL
Caesalpiniaceae	Cassia	spectabilis		*					SL
Caesalpiniaceae	Colophospermum	mopane		*	#				L
Caesalpiniaceae	Cordyla	pinnata		*	#		\$	%	L
Caesalpiniaceae	Cynometra	vogelii							L
Caesalpiniaceae	Daniellia	oliveri		*	#	□	\$	%	L
Caesalpiniaceae	Delonix	elata							L
Caesalpiniaceae	Delonix	regia							L
Caesalpiniaceae	Detarium	microcarpum		*	#		\$	%	L
Caesalpiniaceae	Detarium	senegalense			#		%		L
Caesalpiniaceae	Dialium	guineense		*	#				L
Caesalpiniaceae	Erythrophleum	africanum			#				L
Caesalpiniaceae	Erythrophleum	guineense							L
Caesalpiniaceae	Gleditschia	triacanthos		*					L
Caesalpiniaceae	Griffonia	simplicifolia		*					L
Caesalpiniaceae	Guibourtia	copallifera		*					L
Caesalpiniaceae	Hymenostegia	afzelii							L
Caesalpiniaceae	Isobertlinia	dalzielii							L
Caesalpiniaceae	Isobertlinia	doka		*	#				L
Caesalpiniaceae	Mezoneuron	benthamianum							L
Caesalpiniaceae	Parkinsonia	aculeata		*	#				L
Caesalpiniaceae	Parkinsonia	scioana							L
Caesalpiniaceae	Piliostigma	reticulatum	Bauhinia reticulata	*	#	□			L
Caesalpiniaceae	Piliostigma	sp.		*					L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Caesalpiniaceae	Pilostigma	thonningii	Bauhinia thonningii	*	#	□	\$	L
Caesalpiniaceae	Swartzia	madagascariensis						L
Caesalpiniaceae	Tamarindus	indica		*	#			L
Capparidaceae	Boscia	angustifolia		*	#			L
Capparidaceae	Boscia	coriacea						L
Capparidaceae	Boscia	salicifolia						L
Capparidaceae	Boscia	senegalensis	Boscia octandra	*	#	□	\$ %	L
Capparidaceae	Cadaba	farinosa		*	#			L
Capparidaceae	Cadaba	glandulosa		*				L
Capparidaceae	Cadaba	heterotricha						L
Capparidaceae	Cadaba	longifolia						L
Capparidaceae	Cadaba	rotundifolia						L
Capparidaceae	Capparis	cartilaginea						L
Capparidaceae	Capparis	decidua		*	#		\$ %	L
Capparidaceae	Capparis	fascicularis						L
Capparidaceae	Capparis	sepiaria	Capparis corymbosa	*	#			L
Capparidaceae	Capparis	tomentosa		*	#			L
Capparidaceae	Courbonia	nummularifolia						L
Capparidaceae	Crateva	adansonii	Crateva religiosa	*				L
Capparidaceae	Maerua	angolensis		*	#			L
Capparidaceae	Maerua	crassifolia		*	#			L
Capparidaceae	Maerua	decumbens						L
Capparidaceae	Maerua	hillii						L
Capparidaceae	Maerua	macrantha						L
Capparidaceae	Maerua	oblongifolia		*	#			L
Capparidaceae	Maerua	sessiliflora						L
Capparidaceae	Maerua	sp.		*				L
Capparidaceae	Maerua	thomsonii						L
Capparidaceae	Ritchiea	reflexa						L
Caricaceae	Carica	papaya		*				L
Casuarinaceae	Casuarina	equisetifolia						L
Celastraceae	Maytenus	arbutifolia						L
Celastraceae	Maytenus	heterophylla						L
Celastraceae	Maytenus	ovatus						L
Celastraceae	Maytenus	senegalensis	Gymnosporia senegalensis	*	#		\$ %	L
Celastraceae	Maytenus	sp.		*				L
Celastraceae	Maytenus	undatus						L
Chailletiaceae	Tapura	fischeri						L
Chenopodiaceae	Anabasis	sp.		*				L
Chenopodiaceae	Atriplex	farinosa						L
Chenopodiaceae	Atriplex	sp.		*				L
Chenopodiaceae	Halocnemum	strobilaceum		*				SL
Chenopodiaceae	Hammada	scoparia		*				SL
Chenopodiaceae	Kochia	indica		*				SL
Chenopodiaceae	Salsola	baryosma	Salsola foetida	*				L
Chenopodiaceae	Salsola	sp.		*				L
Clusiaceae	Garcinia	livingstonei						L
Cochlospermaceae	Cochlospermum	planchoni		*	#			SL
Cochlospermaceae	Cochlospermum	tinctorium		*	#			SL
Combretaceae	Anogeissus	leiocarpus		*	#	□		L
Combretaceae	Combretum	aculeatum		*	#	□	%	L
Combretaceae	Combretum	collinum	Combretum hypopilinum	*	#			L
Combretaceae	Combretum	fragrans	Combretum ghasalense	*	#		%	L
Combretaceae	Combretum	geitonophyllum						L
Combretaceae	Combretum	glutinosum		*	#	□	\$ %	L
Combretaceae	Combretum	lamprocarpum						L
Combretaceae	Combretum	lecardii		*	#	□	%	L
Combretaceae	Combretum	micranthum		*	#		\$ %	L
Combretaceae	Combretum	molle	Combretum velutinum	*	#		%	L
Combretaceae	Combretum	mucronatum						L
Combretaceae	Combretum	nigricans		*	#	□	\$ %	L
Combretaceae	Combretum	paniculatum						L
Combretaceae	Combretum	racemosum						L
Combretaceae	Combretum	sp.		*				L
Combretaceae	Combretum	tomentosum						L
Combretaceae	Combretum	zenkeri						L
Combretaceae	Conocarpus	lancifolius		*				L
Combretaceae	Guiera	senegalensis		*	#	□	\$ %	L
Combretaceae	Pteleopsis	suberosa		*	#		%	L
Combretaceae	Quisqualis	indica			#			L
Combretaceae	Terminalia	albida						L
Combretaceae	Terminalia	arjuna						L
Combretaceae	Terminalia	avicennioides		*	#		\$ %	L
Combretaceae	Terminalia	brevipes						L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME						
Combretaceae	Terminalia	brownii		*					L
Combretaceae	Terminalia	catappa							L
Combretaceae	Terminalia	chebula							L
Combretaceae	Terminalia	dewevrei							L
Combretaceae	Terminalia	glaucescens		*	#				L
Combretaceae	Terminalia	ivorensis							L
Combretaceae	Terminalia	laxiflora		*	#				L
Combretaceae	Terminalia	macroptera		*	#	\$	%		L
Combretaceae	Terminalia	mollis							L
Combretaceae	Terminalia	orbicularis							L
Combretaceae	Terminalia	sericea			#				L
Combretaceae	Terminalia	sp.							L
Commelinaceae	Commelina	blasse		*					SL
Connaraceae	Agelaea	obliqua							L
Connaraceae	Byrsocarpus	coccineus							L
Connaraceae	Cnestis	ferruginea							L
Connaraceae	Santaloides	afzelii							L
Convolvulaceae	Hildebrandtia	somalensis							L
Convolvulaceae	Ipomoea	cicatricosa							L
Convolvulaceae	Ipomoea	donaldsonii							L
Convolvulaceae	Ipomoea	heterotricha			#				SL
Convolvulaceae	Ipomoea	spathulata							L
Convolvulaceae	Ipomoea	tinctoria			#				L
Cucurbitaceae	Cogniauxia	podolaena		*					SL
Cupressaceae	Juniperus	procera							L
Cyatheaaceae	Cyathea	manniana							L
Cycadaceae	Cycas	thouarsii		*					L
Cyperaceae	Afrotrilepis	pilosa							L
Dicrastylidaceae	Cyclocheilon	somaliense							L
Dilleniaceae	Tetracera	alnifolia		*	#				L
Dioscoreaceae	Dioscorea	bulbifera			#				SL
Dioscoreaceae	Dioscorea	togoensis			#				SL
Dipterocarpaceae	Monotes	kerstingii							L
Ebenaceae	Diospyros	abyssinica							L
Ebenaceae	Diospyros	elliottii							L
Ebenaceae	Diospyros	mespiliformis		*	#		%		L
Ebenaceae	Euclea	racemosa							L
Ephedraceae	Ephedra	aphylla							L
Erythroxylaceae	Erythroxylum	emarginatum							L
Euphorbiaceae	Acalypha	fruticosa							L
Euphorbiaceae	Acalypha	grandis		*	#				L
Euphorbiaceae	Acalypha	indica							L
Euphorbiaceae	Acalypha	pancheriana		*	#				L
Euphorbiaceae	Alchornea	cordifolia		*	#				L
Euphorbiaceae	Alchornea	hirtella							L
Euphorbiaceae	Anthostema	senegalense							L
Euphorbiaceae	Antidesma	membranaceum			#				L
Euphorbiaceae	Antidesma	venosum		*	#				L
Euphorbiaceae	Breynia	disticha		*	#				L
Euphorbiaceae	Bridelia	ferruginea		*	#	\$			L
Euphorbiaceae	Bridelia	micrantha							L
Euphorbiaceae	Bridelia	ndellensis							L
Euphorbiaceae	Bridelia	scleroneura		*	#				L
Euphorbiaceae	Bridelia	stenocarpa							L
Euphorbiaceae	Clusia	abyssinica							L
Euphorbiaceae	Codiaeum	variegatum							L
Euphorbiaceae	Croton	macrostachyus							L
Euphorbiaceae	Croton	nigritanus							L
Euphorbiaceae	Croton	scaricius							L
Euphorbiaceae	Croton	somaliensis							L
Euphorbiaceae	Croton	zambesicus							L
Euphorbiaceae	Drypetes	gilgiana							L
Euphorbiaceae	Drypetes	ivorensis							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	arabica							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	balsamifera							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	cuneata							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	nubica							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	paganorum							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	poissonii							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	sudanica							L
Euphorbiaceae	Euphorbia	unispina							L
Euphorbiaceae	Fluggea	virosa	Phyllanthus virosus, Securinega virosa	*	#	×	\$	%	L
Euphorbiaceae	Glochidion	billardieri		*					L
Euphorbiaceae	Hymenocardia	acida		*	#				L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Euphorbiaceae	Hymenocardia	heudelotii					L
Euphorbiaceae	Hymenocardia	sp.		*			L
Euphorbiaceae	Jatropha	chevalieri					L
Euphorbiaceae	Jatropha	curcas					L
Euphorbiaceae	Jatropha	glauca					L
Euphorbiaceae	Jatropha	gossypifolia					L
Euphorbiaceae	Jatropha	spinosa					L
Euphorbiaceae	Macaranga	hurifolia		*			L
Euphorbiaceae	Mallotus	oppositifolius					L
Euphorbiaceae	Maprounea	africana					L
Euphorbiaceae	Mareya	micrantha					L
Euphorbiaceae	Margaritaria	discoidea	Phyllanthus discoideus	*	#	\$	L
Euphorbiaceae	Neoboutonia	velutina					L
Euphorbiaceae	Phyllanthus	muellerianus		*	#		L
Euphorbiaceae	Phyllanthus	reticulatus					L
Euphorbiaceae	Sapium	ellipticum					L
Euphorbiaceae	Sapium	guineense		*			L
Euphorbiaceae	Tetrorchidium	didymostemon					SL
Euphorbiaceae	Uapaca	heudelotii					L
Euphorbiaceae	Uapaca	togoensis					L
Fabaceae	Abrus	canescens					L
Fabaceae	Abrus	pulchellus					L
Fabaceae	Alysicarpus	rugosus		*			SL
Fabaceae	Andira	inermis					L
Fabaceae	Astragalus	spinousus		*			SL
Fabaceae	Baphia	pubescens					L
Fabaceae	Cajanus	cajan		*	#		L
Fabaceae	Crotalaria	lachnosema					L
Fabaceae	Crotalaria	macrocalyx		*			SL
Fabaceae	Crotalaria	sp.		*	#		SL
Fabaceae	Dalbergia	heudelotii					L
Fabaceae	Dalbergia	hostilis					L
Fabaceae	Dalbergia	melanoxyton		*	#	\$ %	L
Fabaceae	Dalbergia	saxatilis					L
Fabaceae	Dalbergia	sisoo			#		L
Fabaceae	Dalbergia	sp.					L
Fabaceae	Desmodium	sp.		*			SL
Fabaceae	Desmodium	umbellatum		*	#		SL
Fabaceae	Desmodium	velutinum			#		SL
Fabaceae	Desmodium	verticillata		*	#		SL
Fabaceae	Drepanocarpus	lunatus					L
Fabaceae	Eriosema	flemingioides			#		
Fabaceae	Eriosema	glomeratum		*	#		SL
Fabaceae	Eriosema	psoraleoides		*	#		SL
Fabaceae	Erythrina	senegalensis		*			L
Fabaceae	Erythrina	sigmoidea					L
Fabaceae	Erythrina	sp.		*	#		L
Fabaceae	Erythrina	variegata		*	#		L
Fabaceae	Flemingia	congesta		*	#		SL
Fabaceae	Flemingia	macrophylla		*	#		SL
Fabaceae	Gliricidia	sepium		*	#		L
Fabaceae	Indigofera	hirsuta		*			SL
Fabaceae	Indigofera	macrophylla					L
Fabaceae	Indigofera	oblongifolia		*			SL
Fabaceae	Indigofera	paniculata			#		SL
Fabaceae	Indigofera	polysphaera			#		SL
Fabaceae	Indigofera	sp.		*			SL
Fabaceae	Indigofera	stenophylla		*			SL
Fabaceae	Indigofera	trita					L
Fabaceae	Leptoderris	brachyptera					L
Fabaceae	Leptoderris	fasciculata					L
Fabaceae	Lonchocarpus	cyanescens			#		L
Fabaceae	Lonchocarpus	laxiflorus		*	#		L
Fabaceae	Lonchocarpus	sericeus					L
Fabaceae	Millettia	chrysophylla					L
Fabaceae	Millettia	rhodantha					L
Fabaceae	Millettia	thonningii					L
Fabaceae	Millettia	zechiana					L
Fabaceae	Moghania	faginea					L
Fabaceae	Mucuna	platyphylla		*	#		SL
Fabaceae	Mundulea	sericea					L
Fabaceae	Ormocarpum	trichocarpum					L
Fabaceae	Ostryoderris	stuhlmannii					L
Fabaceae	Pericopsis	laxiflora	Afromosia laxiflora	*	#	\$	L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME						
Fabaceae	Pongamia	pinnata							L
Fabaceae	Pseudarthria	confertiflora							L
Fabaceae	Pseudarthria	hookeri				*	#		SL
Fabaceae	Pterocarpus	erinaceus				*	#	□ \$ %	L
Fabaceae	Pterocarpus	indicus				*	#		L
Fabaceae	Pterocarpus	lucens				*	#	□ \$ %	L
Fabaceae	Pterocarpus	santalinoides				*	#		L
Fabaceae	Pterocarpus	sp.							L
Fabaceae	Pueraria	lobata	Pueraria thumbergiana			*	#		SL
Fabaceae	Retama	retam				*			SL
Fabaceae	Rhynchosia	abyssinica				*	#		SL
Fabaceae	Rhynchosia	nyasica				*	#		SL
Fabaceae	Sesbania	grandiflora				*	#		L
Fabaceae	Sesbania	rostrata	Sesbania pachycarpa			*		□	SL
Fabaceae	Sesbania	sesban				*			SL
Fabaceae	Sesbania	sp.				*	#		L
Fabaceae	Stylosanthes	fruticosa				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	bracteolata				*	#		SL
Fabaceae	Tephrosia	elegans					#		SL
Fabaceae	Tephrosia	flemingioides				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	linearis				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	lupinifolia				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	pedicellata				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	platycarpa					#		SL
Fabaceae	Tephrosia	purpurea				*			SL
Fabaceae	Tephrosia	vogelii				*	#		SL
Fabaceae	Uraria	picta					#		SL
Fabaceae	Xeroderis	stuhlmannii					#		L
Flacourtiaceae	Caloncoba	gilgiana							L
Flacourtiaceae	Dovyalis	zenkeri							L
Flacourtiaceae	Flacourtia	flavescens							L
Flacourtiaceae	Flacourtia	vogelii							L
Flacourtiaceae	Lindackeria	dentata							L
Flacourtiaceae	Oncoba	spinosa							L
Hernandiaceae	Gyrocarpus	hababensis							L
Hippocrateaceae	Hippocratea	pallens							L
Hippocrateaceae	Loeseneriella	africana							L
Hippocrateaceae	Salacia	chlorantha							L
Hippocrateaceae	Salacia	guineensis				*	#		SL
Hippocrateaceae	Salacia	pallens							L
Hippocrateaceae	Salacia	senegalensis				*	#		L
Hippocrateaceae	Simirestis	atractaspis							L
Hypericaceae	Harungana	madagascariensis							L
Hypericaceae	Psorospermum	febrifugum				*	#		L
Hypericaceae	Psorospermum	glaberrimum					#		L
Hypericaceae	Psorospermum	senegalense							L
Hypericaceae	Psorospermum	sp.					#		L
Hypoxidaceae	Curculigo	pilosa					#		SL
Icacinaeae	Icacina	oliviformis	Icacina senegalensis			*	#		SL
Icacinaeae	Pyrenacantha	vogeliana							L
Icacinaeae	Raphiostylis	beninensis							L
Lamiaceae	Hoslundia	opposita				*	#		SL
Lauraceae	Cassytha	filiformis							L
Lauraceae	Persea	americana				*			L
Lecythidaceae	Napoleona	vogelii							L
Leguminosae	Calliandra	calothyrsus				*			L
Leguminosae	Codariocalyx	gyroides				*			SL
Leguminosae	Cratylia	argentea				*			L
Leguminosae	Hematoxylon	brasileto				*			L
Leguminosae	Peltoforum	ferrugineum				*			SL
Leguminosae	Petalostylis	labichoides				*			L
Leguminosae	Serianthes	sachetae				*			SL
Leguminosae	Ttipuana	tipu				*			SL
Linaceae	Hugonia	planchonii							L
Linaceae	Hugonia	sp.							L
Loganiaceae	Anthocleista	djalonensis							L
Loganiaceae	Anthocleista	nobilis							L
Loganiaceae	Anthocleista	sp.				*			L
Loganiaceae	Anthocleista	vogelii							L
Loganiaceae	Nuxia	oppositifolia							L
Loganiaceae	Strychnos	cuminodora							L
Loganiaceae	Strychnos	innocua				*	#		L
Loganiaceae	Strychnos	sp.							L
Loganiaceae	Strychnos	spinosa				*	#	\$ %	L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Loganiaceae	Usteria	guineensis		*				L
Loranthaceae	Englerina	lecardii						L
Loranthaceae	Tapinanthus	bangwensis						L
Loranthaceae	Tapinanthus	dodoneifolius						L
Loranthaceae	Tapinanthus	pentagonia						L
Lythraceae	Lawsonia	inermis						L
Lythraceae	Woodfordia	uniflora						L
Malpighiaceae	Caucanthus	albidus						L
Malpighiaceae	Acridocarpus	plagiopterus						L
Malpighiaceae	Acridocarpus	smeathmannii						L
Malvaceae	Abutilon	mauritanium			#			SL
Malvaceae	Gossypium	arboresum						L
Malvaceae	Hibiscus	asper		*				SL
Malvaceae	Hibiscus	rosa-sinensis						L
Malvaceae	Hibiscus	scotellii						L
Malvaceae	Hibiscus	sp.		*				L
Malvaceae	Hibiscus	sterculiifolius						L
Malvaceae	Hibiscus	tiliaceus		*				L
Malvaceae	Malachra	radiata						L
Malvaceae	Pavonia	patens						L
Malvaceae	Sida	rhombifolia			#			SL
Malvaceae	Sida	urens			#			SL
Malvaceae	Thespesia	populnea						L
Malvaceae	Urena	lobata			#			SL
Malvaceae	Wissadula	amplissima			#			SL
Melastomataceae	Memecylon	cinnamomoides						L
Meliaceae	Aglaia	elaeanoidea		*				L
Meliaceae	Azadirachta	indica		*	#			L
Meliaceae	Carapa	procera						L
Meliaceae	Ekebergia	senegalensis			#			SL
Meliaceae	Khaya	grandifoliola						L
Meliaceae	Khaya	senegalensis		*	#			L
Meliaceae	Khaya	sp.		*				L
Meliaceae	Melia	azedarach						L
Meliaceae	Pseudocedrela	kotschyi		*	#			L
Meliaceae	Trichilia	emetica	Trichilia roka	*	#			L
Meliaceae	Trichilia	prieureana						L
Meliaceae	Turraea	heterophylla						L
Melanthaceae	Bersama	abyssinica						L
Menispermaceae	Coculus	pendulus		*				L
Menispermaceae	Triclisia	subcordata						L
Mimosaceae	Acacia	ampliceps		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	asak		*				L
Mimosaceae	Acacia	ataxacantha		*	#	□	%	L
Mimosaceae	Acacia	auriculiformis		*				L
Mimosaceae	Acacia	benadirensis		*				L
Mimosaceae	Acacia	brevispica		*				L
Mimosaceae	Acacia	cortex		*				L
Mimosaceae	Acacia	cyanophylla		*				L
Mimosaceae	Acacia	cyanotis		*				L
Mimosaceae	Acacia	dudgeoni		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	ehrenbergiana						L
Mimosaceae	Acacia	erythrocalyx	Acacia pennata		#			L
Mimosaceae	Acacia	etbaica		*				L
Mimosaceae	Acacia	farnesiana		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	gourmaensis						L
Mimosaceae	Acacia	hockii		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	holosericea		*				L
Mimosaceae	Acacia	horrida		*				L
Mimosaceae	Acacia	kirkii						L
Mimosaceae	Acacia	laeta		*	#	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	linearoides		*	□			L
Mimosaceae	Acacia	macrostachya		*	#	□	\$ %	L
Mimosaceae	Acacia	macrothyrsa						L
Mimosaceae	Acacia	mearnsii		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	mellifera		*				L
Mimosaceae	Acacia	monticola		*				L
Mimosaceae	Acacia	mountfordae		*				L
Mimosaceae	Acacia	nilotica	Acacia scorpiodes	*	#	□		L
Mimosaceae	Acacia	oerfota	Acacia nubica	*				L
Mimosaceae	Acacia	periflora		*				L
Mimosaceae	Acacia	polyacantha		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	rehmanianna		*	#			L
Mimosaceae	Acacia	senegal		*	#	\$	%	L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME	*	#	□	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	seyal		*	#	□	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	sieberiana		*	#	□			L
Mimosaceae	Acacia	sp.		*	#	□			L
Mimosaceae	Acacia	tortilis	Acacia raddiana	*	#	□	\$	%	L
Mimosaceae	Acacia	venosa		*	#	□			L
Mimosaceae	Adenanthra	pavonina		*	#				SL
Mimosaceae	Albizzia	adanthifolia		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	chevalieri		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	coriaria		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	ferruginea		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	flavovirens		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	glaberrima		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	lebbeck		*	#	□			L
Mimosaceae	Albizzia	malacophylla	Albizzia boromoensis	*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	serianthes		*	#				L
Mimosaceae	Albizzia	zygia		*	#		\$		L
Mimosaceae	Amblygonocarpus	andongensis		*	#				L
Mimosaceae	Aubrevillea	kerstingii		*	#				L
Mimosaceae	Cathormion	altissimum		*	#				L
Mimosaceae	Cathormion	eriorachis		*	#				L
Mimosaceae	Desmanthus	virgatus		*	#				L
Mimosaceae	Dichrostachys	cinerea	Dichrostachys glomerata	*	#		\$	%	L
Mimosaceae	Entada	abyssinica		*	#				L
Mimosaceae	Entada	africana		*	#				L
Mimosaceae	Entada	phaseoloides		*	#				L
Mimosaceae	Entada	wahlbergii		*	#				L
Mimosaceae	Faidherbia	albida	Acacia albida	*	#	□	\$	%	L
Mimosaceae	Leucaena	leucocephala	Leucaena glauca	*	#				L
Mimosaceae	Leucaena	sp.		*	#				L
Mimosaceae	Mimosa	invisa		*	#				L
Mimosaceae	Mimosa	pigra		*	#				L
Mimosaceae	Neptunia	oleracea		*	#				SL
Mimosaceae	Parkia	africana		*	#	□	\$		L
Mimosaceae	Parkia	biglobosa		*	#	□	\$		L
Mimosaceae	Parkia	filicoidea		*	#				L
Mimosaceae	Parkia	oblongifolia		*	#				L
Mimosaceae	Parkia	occidentalis		*	#				L
Mimosaceae	Parkia	sp.		*	#				L
Mimosaceae	Pithecellobium	dulce		*	#	□			L
Mimosaceae	Pithecellobium	saman		*	#				L
Mimosaceae	Pithecellobium	sp.		*	#				L
Mimosaceae	Prosopis	africana		*	#		\$	%	L
Mimosaceae	Prosopis	juliflora	Prosopis chilensis	*	#				L
Mimosaceae	Prosopis	pallida		*	#				L
Mimosaceae	Prosopis	sp.		*	#	□			L
Mimosaceae	Samanea	dinklagei		*	#				L
Mimosaceae	Samanea	saman	Albizzia flavovirens	*	#	□			L
Mimosaceae	Tetrapleura	tetraptera		*	#				L
Moraceae	Antiaris	africana		*	#	□			L
Moraceae	Artocarpus	altilis		*	#				L
Moraceae	Artocarpus	heterophyllus		*	#				L
Moraceae	Chlorophora	excelsa		*	#				L
Moraceae	Ficus	abutifolia		*	#				L
Moraceae	Ficus	acrocarpa		*	#				L
Moraceae	Ficus	calyptrata		*	#				L
Moraceae	Ficus	capreifolia		*	#				L
Moraceae	Ficus	congensis		*	#				L
Moraceae	Ficus	dekdekena		*	#				L
Moraceae	Ficus	dicranostyla		*	#				L
Moraceae	Ficus	exasperata		*	#		\$		L
Moraceae	Ficus	glumosa		*	#				L
Moraceae	Ficus	ingens		*	#				L
Moraceae	Ficus	lecardii		*	#				L
Moraceae	Ficus	ovata		*	#				L
Moraceae	Ficus	platyphylla		*	#				L
Moraceae	Ficus	polita		*	#				L
Moraceae	Ficus	populifolia		*	#				L
Moraceae	Ficus	prolixa		*	#				L
Moraceae	Ficus	salicifolia		*	#				L
Moraceae	Ficus	scott-elliotii		*	#				L
Moraceae	Ficus	sp.		*	#				L
Moraceae	Ficus	sur forsk	Ficus capensis	*	#		\$		L
Moraceae	Ficus	sycomorus	Ficus gnaphalocarpa	*	#	□	\$		L
Moraceae	Ficus	thonningii		*	#				L

Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Moraceae	Ficus	umbellata					L
Moraceae	Ficus	vallis-choudae		#			L
Moraceae	Ficus	variifolia					L
Moraceae	Ficus	vasta					L
Moraceae	Ficus	verruculosa					L
Moraceae	Ficus	vogelii					L
Moraceae	Morus	mesozygia					L
Moraceae	Morus	sp.		*			L
Moraceae	Myrianthus	arboreus					L
Moraceae	Myrianthus	serratus					L
Moringa	Moringa	peregrina					L
Moringaceae	Moringa	oleifera		#			L
Myrsinaceae	Embelia	djalonsensis					L
Myrsinaceae	Embelia	guineensis					L
Myrsinaceae	Embelia	rowlandii					L
Myrsinaceae	Maesa	lanceolata		*	#		L
Myrtaceae	Eucalyptus	sp.			#		L
Myrtaceae	Eucalyptus	torrelliana					L
Myrtaceae	Eugenia	crossopterygoides					L
Myrtaceae	Eugenia	leonensis					L
Myrtaceae	Eugenia	nigerina					L
Myrtaceae	Eugenia	uniflora					L
Myrtaceae	Psidium	guajava					L
Myrtaceae	Syzygium	guineense		*	#		L
Nyctaginaceae	Faurea	speciosa					L
Ochnaceae	Lophira	alata					L
Ochnaceae	Lophira	lanceolata		*	#		L
Ochnaceae	Ochna	afzelii					L
Ochnaceae	Ochna	inermis					L
Ochnaceae	Ochna	rhizomatosa					L
Ochnaceae	Ouratea	morsonii	Idermia morsonii	*	#		SL
Olacaceae	Olax	subscorpioidea			#		L
Olacaceae	Ximenia	americana		*	#	\$ %	L
Oleaceae	Jasminum	dichotomum					L
Oleaceae	Jasminum	floribundum					L
Oleaceae	Jasminum	kerstingii					L
Oleaceae	Jasminum	pauciflorum					L
Oleaceae	Jasminum	sambac					L
Oleaceae	Olea	africana					L
Oleaceae	Olea	europaea		*			L
Opiliaceae	Opilia	celtidifolia			#		L
Oxalidaceae	Averrhoa	carambola					L
Pandanaceae	Pandanus	candelabrum					L
Pandanaceae	Pandanus	odoratissimus					L
Passifloraceae	Adenia	venenata					L
Passifloraceae	Smeathmannia	pubescens					L
Periplocaceae	Ectadiopsis	oblongifolia					L
Periplocaceae	Tacazzea	apiculata					L
Plumbaginaceae	Limoniastrum	monopetalum		*			SL
Plumbaginaceae	Plumbago	zeylanica					L
Poaceae	Andropogon	pinguipes		*			SL
Poaceae	Brachiaria	villosa		*			SL
Poaceae	Cenchrus	biflorus		*			SL
Poaceae	Dactyloctenium	aegyptium		*			SL
Poaceae	Echinochloa	colona		*			SL
Poaceae	Hyparrhenia	rufa		*			SL
Poaceae	Jardinea	congoensis		*			SL
Poaceae	Leersia	hexandra			#		SL
Poaceae	Loudetia	simplex		*			SL
Poaceae	Oryza	longistaminata		*			SL
Poaceae	Oxytenanthera	abyssinica		*	#		L
Poaceae	Panicum	maximum		*			SL
Poaceae	Saccharum	spontaneum		*			SL
Poaceae	Schizachyrium	exile		*			SL
Poaceae	Themeda	gigantea		*			L
Podocarpaceae	Podocarpus	sp.			#	\$ %	L
Polygalaceae	Securidaca	longepedunculata		*	#	\$ %	L
Proteaceae	Protea	angolensis					L
Proteaceae	Protea	elliottii					L
Punicaceae	Punica	granatum					L
Resedaceae	Ochradenus	baccatus					L
Rhamnaceae	Lasiodiscus	mannii					L
Rhamnaceae	Rhammus	staddo					L
Rhamnaceae	Scutia	myrtina					L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Rhamnaceae	Ziziphus	abyssinica		*	#			L
Rhamnaceae	Ziziphus	lotus						L
Rhamnaceae	Ziziphus	mauritiana		*	#	□	\$ %	L
Rhamnaceae	Ziziphus	mucronata		*	#			L
Rhamnaceae	Ziziphus	sp.				□		L
Rhamnaceae	Ziziphus	spina-christi						L
Rhizophoraceae	Cassipourea	congoensis						L
Rhizophoraceae	Cerriops	tagal						L
Rhizophoraceae	Rhizophora	racemosa						L
Rhizophoraceae	Rhizophora	sp.		*				L
Rosaceae	Chrysobalanus	icaco		*				L
Rosaceae	Neocarya	macrophylla			#			L
Rosaceae	Parinari	congensis						L
Rosaceae	Parinari	curatellifolia		*	#	□	\$	L
Rosaceae	Parinari	kerstingii						L
Rosaceae	Parinari	macrophylla						L
Rosaceae	Parinari	polyandra						L
Rosaceae	Prunus	persica						L
Rubiaceae	Adina	microcephala						L
Rubiaceae	Canthium	horizontale						L
Rubiaceae	Canthium	pobeguinii						L
Rubiaceae	Canthium	subcordatum						L
Rubiaceae	Cephaelis	peduncularis						L
Rubiaceae	Coffea	sp.		*				L
Rubiaceae	Craterispermum	laurinum		*	#			L
Rubiaceae	Cremaspora	triflora						L
Rubiaceae	Crossopteryx	febrifuga		*	#		%	L
Rubiaceae	Fadogia	agrestis						L
Rubiaceae	Fadogia	cienkowski						L
Rubiaceae	Fadogia	erythrophloe						L
Rubiaceae	Feretia	apodanthera	Feretia canthioides	*	#	\$	%	L
Rubiaceae	Gaertnera	paniculata						L
Rubiaceae	Gardenia	aqualla		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	erubescens		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	imperialis						L
Rubiaceae	Gardenia	lutea						L
Rubiaceae	Gardenia	sokotensis						L
Rubiaceae	Gardenia	sp.		*				L
Rubiaceae	Gardenia	ternifolia		*	#			L
Rubiaceae	Gardenia	triacantha		*				L
Rubiaceae	Hallea	stipulosa						L
Rubiaceae	Ixora	brachypoda						L
Rubiaceae	Keetia	cornelia	Canthium cornelia		#			L
Rubiaceae	Keetia	venosa	Canthium venosum		#			L
Rubiaceae	Leptactina	senegambica						L
Rubiaceae	Macrosphyra	longistyla						L
Rubiaceae	Mitragyna	ciliata						L
Rubiaceae	Mitragyna	inermis		*	#			L
Rubiaceae	Mitragyna	sp.		*				L
Rubiaceae	Morelia	senegalensis			#			L
Rubiaceae	Morinda	citrifolia		*	#			L
Rubiaceae	Morinda	geminata						L
Rubiaceae	Morinda	lucida		*	#			L
Rubiaceae	Mussaenda	arcuata						L
Rubiaceae	Mussaenda	erythrophylla						L
Rubiaceae	Nauclea	latifolia	Sarcosephalus latifolius	*	#			L
Rubiaceae	Nauclea	pobeguinii						L
Rubiaceae	Oxyanthus	racemosus						L
Rubiaceae	Pavetta	cinereifolia						L
Rubiaceae	Pavetta	corymbosa						L
Rubiaceae	Pavetta	crassipes			#			L
Rubiaceae	Pavetta	gardeniifolia						L
Rubiaceae	Pavetta	lasioclada						L
Rubiaceae	Pavetta	oblongifolia		*	#			L
Rubiaceae	Polysphaeria	arbuscula						L
Rubiaceae	Pouchetia	africana						L
Rubiaceae	Psychotria	obscura						L
Rubiaceae	Psychotria	peduncularis						L
Rubiaceae	Psychotria	psychotrioides						L
Rubiaceae	Psychotria	venosa						L
Rubiaceae	Psychotria	vogeliana						L
Rubiaceae	Randia	malleifera						L
Rubiaceae	Rothmannia	longiflora						L
Rubiaceae	Rytigynia	canthioides						L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME					
Rubiaceae	Rytigynia	senegalensis						L
Rubiaceae	Sabicea	brevipes						L
Rubiaceae	Sericanthe	chevalieri						L
Rubiaceae	Spermacoce	ruelliae	Borreria scabra		#			SL
Rubiaceae	Tarenna	graveolens						L
Rubiaceae	Tricalysia	okelensis						L
Rubiaceae	Vangueriopsis	discolor						L
Rubiaceae	Xeromphis	nilotica						L
Rutaceae	Aeglopsis	chevalieri						L
Rutaceae	Afraegle	paniculata			#			L
Rutaceae	Citrus	aurantium						L
Rutaceae	Citrus	reticulata						L
Rutaceae	Citrus	sinensis						L
Rutaceae	Clausena	anisata						L
Rutaceae	Fagara	leprieurii						L
Rutaceae	Murraya	exotica						L
Rutaceae	Teclea	nobilis						L
Rutaceae	Teclea	pilosa						L
Rutaceae	Vepris	glomerata						L
Rutaceae	Zanthoxylum	gilletii						L
Rutaceae	Zanthoxylum	zanthoxyloides	Fagara zanthoxyloides		#			L
Salicaceae	Salix	ledermannii						L
Salvadoraceae	Dobera	glabra						L
Salvadoraceae	Salvadora	persica		*	#	□	\$ %	L
Samydaceae	Byrsanthus	brownii			#			L
Sapindaceae	Allophylus	africanus		*	#			L
Sapindaceae	Allophylus	rubrifolius						L
Sapindaceae	Allophylus	spicatus						L
Sapindaceae	Aphania	senegalensis						L
Sapindaceae	Blighia	sapida		*	#			L
Sapindaceae	Deinbollia	pinnata						L
Sapindaceae	Dodonaea	viscosa						L
Sapindaceae	Eriocoelum	kerstingii						L
Sapindaceae	Lecaniodiscus	cupanioides						L
Sapindaceae	Pancovia	bijuga						L
Sapindaceae	Pappea	capensis						L
Sapindaceae	Paullinia	pinnata		*	#			L
Sapindaceae	Podonophelium	homei		*				L
Sapindaceae	Zanha	golungensis						L
Sapotaceae	Chrysophyllum	welwitschii						L
Sapotaceae	Malacantha	alnifolia	Malacantha heudelotiana		#			L
Sapotaceae	Manilkara	multinervis						L
Sapotaceae	Mimusops	degan						L
Sapotaceae	Mimusops	kummel						L
Sapotaceae	Pachystela	brevipes						L
Sapotaceae	Pachystela	pobeguiniensis						L
Sapotaceae	Pachystela	spinosa						L
Sapotaceae	Sideroxylon	buxifolium						L
Sapotaceae	Vitellaria	paradoxa	Butyrospermum paradoxum	*	#		\$ %	L
Simaroubaceae	Hannoa	undulata		*	#			L
Simaroubaceae	Harrisonia	abyssinica		*	#			SL
Solanaceae	Lycium	shawii						L
Solanaceae	Solanum	campylacanthum						L
Solanaceae	Solanum	mauritanum		*	#			L
Solanaceae	Solanum	melastomoides						L
Solanaceae	Solanum	renschii						L
Solanaceae	Solanum	torvum			#			SL
Sterculiaceae	Cola	caricaefolia						L
Sterculiaceae	Cola	cordifolia		*				L
Sterculiaceae	Cola	gigantea						L
Sterculiaceae	Cola	laurifolia						L
Sterculiaceae	Cola	nitida						L
Sterculiaceae	Dombeya	mastersii						L
Sterculiaceae	Dombeya	multiflora						L
Sterculiaceae	Dombeya	torrida						L
Sterculiaceae	Harmsia	sidoides						L
Sterculiaceae	Mansonia	altissima						L
Sterculiaceae	Melochia	odorata		*	#			SL
Sterculiaceae	Sterculia	africana						L
Sterculiaceae	Sterculia	setigera		*	#			L
Sterculiaceae	Sterculia	tragacantha			#			L
Sterculiaceae	Waltheria	indica	Waltheria americana		#			SL
Tamaricaceae	Tamarix	aphylla						L
Tamaricaceae	Tamarix	gallica		*				L

**Familles, genres et espèces ligneuses inscrites au catalogue
du CIRAD-EMVT classées par ordre alphabétique des familles**

FAMILLE	GENRE	ESPECE	SYNONYME				
Tamaricaceae	Tamarix	nilotica					L
Tamaricaceae	Tamarix	senegalensis		*			L
Tamaricaceae	Tamarix	sp.		*			L
Tiliaceae	Christiana	africana					L
Tiliaceae	Desplatsia	dewevrei					L
Tiliaceae	Grewia	barteri		*			L
Tiliaceae	Grewia	bicolor		*	#	%	L
Tiliaceae	Grewia	carpinifolia					L
Tiliaceae	Grewia	cissoides					L
Tiliaceae	Grewia	fallax					L
Tiliaceae	Grewia	flavescens			#		L
Tiliaceae	Grewia	lasiodiscus		*	#		L
Tiliaceae	Grewia	monticola		*	#		L
Tiliaceae	Grewia	sp.		*			L
Tiliaceae	Grewia	tembensis					L
Tiliaceae	Grewia	tenax		*	#		L
Tiliaceae	Grewia	velutina					L
Tiliaceae	Grewia	venusta	Grewia mollis	*	#	\$ %	L
Tiliaceae	Grewia	villosa		*	#		L
Tiliaceae	Triumfetta	cordifolia		*	#		SL
Tiliaceae	Triumfetta	flavescens					L
Tiliaceae	Triumfetta	jaegeri					L
Tiliaceae	Triumfetta	pentandra		*			SL
Tiliaceae	Triumfetta	tomentosa					L
Ulmaceae	Celtis	brownii					L
Ulmaceae	Celtis	integrifolia		*	#		L
Ulmaceae	Celtis	mildbraedii					L
Ulmaceae	Celtis	philippensis					L
Ulmaceae	Chaetacme	aristata					L
Ulmaceae	Trema	orientalis	Trema guineensis		#		L
Urticaceae	Pipturus	argenteus		*			L
Verbenaceae	Clerodendrum	capitatum			#		L
Verbenaceae	Clerodendrum	neumayeri					L
Verbenaceae	Clerodendrum	polycephalum					L
Verbenaceae	Clerodendrum	sinuatum					L
Verbenaceae	Clerodendrum	sp.		*			L
Verbenaceae	Clerodendrum	thyrsoides					L
Verbenaceae	Clerodendrum	umbellatum					L
Verbenaceae	Duranta	repens					L
Verbenaceae	Gmelina	arborea		*	#		L
Verbenaceae	Gmelina	sp.		*			L
Verbenaceae	Lantana	camara					L
Verbenaceae	Lantana	kisi					L
Verbenaceae	Lantana	petitiana					L
Verbenaceae	Lippia	multiflora		*	#		SL
Verbenaceae	Premna	integrifolia		*			SL
Verbenaceae	Premna	angolensis					L
Verbenaceae	Premna	lucens					L
Verbenaceae	Premna	resinosa					L
Verbenaceae	Tectona	grandis					L
Verbenaceae	Vitex	chrysocarpa		*			L
Verbenaceae	Vitex	doniana	Vitex cuneata	*	#	%	L
Verbenaceae	Vitex	madiensis		*	#	\$ %	L
Verbenaceae	Vitex	oxycuspis					L
Verbenaceae	Vitex	simplicifolia		*	#		L
Violaceae	Hybanthus	enneaspermus			#		SL
Vitaceae	Ampelocissus	leonensis		*	#		SL
Vitaceae	Cissus	rufescens			#		SL
Vitaceae	Leea	guineensis			#		SL
Vitaceae	Vitis	vinifera					L
Xyridaceae	Xyris	barteri					L
Zingiberaceae	Aframomum	latifolium			#		SL
Zygophyllaceae	Nitraria	retusa		*			SL